



IRMELI AHTELA

## **PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN TILA JA SEN KEHITYS VUOSINA 1985–1991**

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS  
HELSINGIN VESI- JA YMPÄRISTÖPIIRI  
Helsinki 1995





**155**

IRMELI AHTELA

**PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN TILA  
JA SEN KEHITYS VUOSINA 1985–1991**

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS  
HELSINGIN VESI- JA YMPÄRISTÖPIIRI  
Helsinki 1995

Etukannen kuva: Svartbäckinselkä ja Nesteen tuotantolaitokset  
Kuva: Neste Oy

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota  
vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA koskevat tilaukset:  
Painatuskeskus Oy, PL 516, 00101 Helsinki  
puh. (90) 566 0266

ISBN 951-47-8041-8  
ISSN 0786-9592

Helsinki 1995



## KUVAILULEHTI

## Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus ja  
Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri

## Julkaisun päivämäärä

Syyskuu 1993

## Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

Irmeli Ahtela

## Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

Porvoon edustan merialueen tila ja sen kehitys vuosina 1985 – 1991  
Tillståndet och utvecklingen i havsområdet utanför Borgå åren 1985 – 1991

## Julkaisun laji

Tutkimusraportti

## Toimeksiantaja

Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri

## Toimielimen asettamispvm

## Julkaisun osat

## Tiivistelmä

Porvoon edustan merialuetta kuormittavat joet, asumajätevedet ja teollisuuden jätevedet Nesteen öljynjalostamolta, petrokemian, muovi- ja kemianteollisuudesta sekä Tampellan sahalta. Fosfori- ja typpikuormituksen aiheuttama rehevöityminen on alueen selkeimmin havaittava ongelma. Ravinnekuormasta yli 90 % tulee jokivesien mukana.

Merialueen veden laatu on viime vuosina lievästi parantunut. Veden laatua pidempiaikaisia muutoksia kuvastavien pohjaeläintutkimusten perusteella arvioituna alueen tila on kuitenkin jonkin verran huonontunut 1980-luvulla. Vedenlaatuaineiston käsittely monimuuttujamenetelmiin kuuluvalla pääkomponenttianalyysillä antoi varsin samanlaisen kuvan merialueen tilasta ja siinä tapahtuneista muutoksista kuin yksittäisten muuttujien tarkastelu.

Teollisuusjätevesissä esiintyvien haitallisten aineiden pitoisuudet merivedessä ovat yleensä olleet vähäisiä. Öljynjalostamon edustalla Svartbäckinselällä on laaja öljyn likaama pohja-alue. Sedimenteistä on löydetty myös mm. dietyyliheksyyliftalaattia (DOP), polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH) ja kloorifenoleita. Sumputetuista simpukoissa on ollut mm. ftalaatteja. Kaloissa on em. lisäksi havaittu mm. haihtuvia kloorihiilivetyjä ja hartsihappoja. Myös kalojen elintoiminnoissa on havaittu muutoksia. Jatkossa eliöstöstä tulisi seurata myös vierasaineiden vaikutuksia.

## Asiasanat (avainsanat)

Merivesi, veden laatu, rehevöityminen, monimuuttujamenetelmät, haitalliset aineet, öljy, Suomenlahti

## Muut tiedot

## Sarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 155

## ISBN

951-47-8041-8

## ISSN

0786-9592

## Kokonaissivumäärä

85

## Kieli

Suomi

## Hinta

## Luottamuksellisuus

Julkinen

## Jakaja

Painatuskeskus Oy  
PL 516  
00101 HELSINKI

## Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus  
PL 250  
00101 HELSINKI

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare  
Vatten- och miljöstyrelsen och  
Helsingfors vatten- och miljödistrikt

Utgivningsdatum  
September 1993

Författare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)  
Irmeli Ahtela

Publikation (även den finska titeln)  
Tillståndet och utvecklingen i havsområdet utanför Borgå åren 1985 – 1991  
Porvoon edustan merialueen tila ja sen kehitys vuosina 1985 – 1991

Typ av publikation	Uppdragsgivare	Datum för tillsättandet av organet
Forskningsrapport	Helsingfors vatten- och miljödistrikt	

Publikationens delar

Referat

Havsområdet utanför Borgå belastas av älvar, hushållsavloppsvatten och industriavloppsvatten från Nestes oljeraffineri, petrokemiska, plast- och kemiska industri samt från Tampellas såg. Eutrofieringen orsakad av fosfor- och kvävebelastningen är det synligaste problemet i området. Av närsaltsbelastningen kommer över 90 % med älvarna.

Havsvattnets kvalitet har under de senaste åren förbättrats något. På basen av bottendjursundersökningar, som avspeglar förändringar i vattenkvaliteten under en längre tidsperiod, har tillståndet dock försämrats något på 1980-talet. En behandling av vattenkvalitetsmaterialet med huvudkomponentsanalys, som är en form av multivariatmetod, gav en nästan likadan bild av havsområdets tillstånd och dess förändringar som de enskilda variablerna.

Halterna av de i industriavloppsvattnen förekommande skadliga ämnena har i allmänhet varit låga. Utanför oljeraffineriet i Svartbäcksfjärden finns ett vidsträckt oljeförorenat bottenområde. I sedimenten har även påträffats bl.a. dietylheksyltalat (DOP), polyaromatiska kolväten (PAH) och klorfenoler. Musslor som hållits i sump har innehållit bl.a. ftalater. I fisk har förutom dessa ämnen påträffats bl.a. flyktiga klorkolväten och hartssyror. Fiskarna har även uppvisat fysiologiska förändringar. I fortsättningen borde även effekterna av främmande ämnen i organismerna kontrolleras.

Sakord (nyckelord)

Havsvatten, vattenkvalitet, eutrofiering, multivariatmetoder, skadliga ämnen, olja, Finska viken

Övriga uppgifter

Seriens namn och nummer	ISBN	ISSN
Vatten- och miljöförvaltningens publikationer – serie A 155		951-47-8041-80786-9592

Sidantal	Språk	Pris	Sekretessgrad
85	Finska		Offentlig

Distribution	Förlag
Tyckericentralen Ab	Vatten- och miljöstyrelsen
PB 516	PB 250
00101 Helsingfors	00101 Helsingfors



**DOCUMENTATION PAGE***Published by*

National Board of Waters and the Environment  
Helsinki Water and Environment District

*Data of publication*

September 1993

*Author(s)*

Irmeli Ahtela

*Title of publication*

The condition of the sea area off the town of Porvoo and its development in 1985 – 1991

*Type of publication*

Research report

*Commissioned by*

Helsinki Water and Environment district

*Parts of publication**Abstract*

The sea area off the town of Porvoo is affected by load from rivers, municipal sewage, and industrial effluents from the oil refinery, the petrochemical, plastics and chemical plants of Neste Corporation and from the sawmill owned by the corporation Tampella. Eutrophication caused by phosphorus and nitrogen loading is the most obvious problem in the area. More than 90 % of the nutrient input comes via rivers.

The water quality in the sea area has improved slightly in the last few years. However, investigations of benthic organisms, that reflect the more long-term changes in water quality, allow to draw the conclusion that the state of the sea area has deteriorated to some extent in the 1980s. Processing of the water quality data using the principal component analysis which is a multi-variate method gave results about the state of the sea area and changes in it, that did not differ greatly from the results obtained by looking at individual parameters.

Concentration in sea water of harmful substances present in industrial effluents have in general been low. Below the refinery in the Svartbäck sea area there is a large surface of oil-polluted bottom. Inter alia, diethylhexylphthalates (DOP), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and chlorinated phenols have been detected in the sediments. For example phthalates have been found in mussels stored in confinement in sea water. In fish e.g. volatile chlorinated hydrocarbons and resin acids have been also observed. In addition, changes in fish physiology have been noticed. In the future there should be monitoring of the effects of alien substances in organisms.

*Keywords*

sea water, water quality, eutrophication, multi-variate methods, harmful substances, oil, Gulf of Finland

*Other information**Series (key title and no.)*

Publications of the Water and Environment  
Administration – series A 155

*ISBN*

951-47-8041-8

*ISSN*

0786-9592

*Pages*

85

*Language*

Finnish

*Price**Confidentiality*

Public

*Distributed by*

Painatuskeskus  
PO Box 516, 00101 HELSINKI, FINLAND

*Publisher*

National Board of Waters and the Environment  
P.O.Box 250, 00101 HELSINKI, FINLAND

## ALKUSANAT

Tämän työn tarkoituksena oli Porvoon edustan merialueelta vuoden 1984 jälkeen kertyneen tutkimustiedon perusteella arvioida alueen tilassa tapahtuneita muutoksia. Selvitys on tehty Helsingin vesi- ja ympäristöpiirissä. Työ on tehty vesiensuojelumak-suvaroilla ja se on jatkoa Tuija Talsin v. 1987 ilmestyneeseen Porvoon edustan merialueen tilaa ja sen kehitystä vuosina 1965 – 1984 tarkastelemaan raporttiin.

Kiitän lämpimästi kaikkia niitä vesi- ja ympäristöpiirin ja vesi- ja ympäristöhallituksen työntekijöitä, joilta olen saanut runsaasti apua työn aikana. Erityisesti haluan kiittää Helsingin vesi- ja ympäristöpiirin ylitarkastaja Leena Villaa arvokkaista neuvoista ja tuesta. Kiitos Terttu Saarelle selvityksen julkaisukuntoon saattamisesta.

Helsingissä 1.9.1993

Irmeli Ahtela



# SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	5
1 JOHDANTO .....	9
2 PORVOON EDUSTAN MERIALUE .....	9
2.1 Alueen kuvaus .....	9
2.2 Virtaukset .....	12
3 MERIALUEEN KUORMITUS .....	13
3.1 Joet .....	13
3.2 Asumajätevedet .....	14
3.3 Teollisuusjätevedet .....	15
3.3.1 Tampella Oy .....	15
3.3.2 Neste Oy .....	15
4 MERIALUEEN VEDEN LAATU .....	21
4.1 Yleistä .....	21
4.2 Fysikaalis-kemialliset tutkimukset .....	21
4.2.1 Lämpötila ja sähkönjohtavuus .....	21
4.2.2 Happi .....	26
4.2.3 Ravinteet .....	28
4.2.4 Haitalliset aineet .....	34
4.3 Biologiset tutkimukset .....	40
4.3.1 Levät .....	40
4.3.2 Biologinen kertyminen ja vaikutukset eliöstössä .....	45
4.4 Merialueen rehevöityminen, vedenlaatuaineiston pääkomponenttianalyysi .....	50
4.4.1 Aineisto ja pääkomponenttianalyysin periaate .....	50
4.4.2 Tulokset ja niiden tarkastelu .....	53
5 MERIALUEEN POHJAN TILA .....	59
5.1 Fysikaalis-kemialliset tutkimukset .....	59
5.1.1 Öljy sedimentissä .....	59
5.1.2 Muut aineet sedimentissä .....	65
5.2 Pohjaeläimet .....	68
YHTEENVETO .....	73
KIRJALLISUUS .....	76
LIITTEET .....	80





# 1 JOHDANTO

Porvoon edustan merialueen tilaa on tutkittu 1960-luvulta lähtien, jolloin Neste Oy:n tuotantolaitosten toiminta käynnistyi. Toiminta on vuosien varrella laajentunut ja käsittää öljynjalostamon, petrokemian teollisuutta, muovin valmistusta ja kemianteollisuutta. Asumajätevesiä alueelle on johdettu 1970-luvun alusta lähtien. Merialueelle laskevat hajakuormituksen ja asumajätevesien voimakkaasti kuormittamat Porvoonjoki ja Mustijoki.

Merialueen tilan säännöllinen velvoitetarkkailu aloitettiin 1970-luvulla ja lisäksi on tehty useita erillistutkimuksia. Talsi (1987) on käsitellyt yhteenvedossaan vedenlaatuaineiston vuoteen 1984 saakka. Pääpaino vesistötutkimuksissa on ollut rehevöitymisen seurannassa, mutta myös pohjaan ja eliöstöön kertyviä haitallisia aineita ja niiden vaikutuksia on selvitetty.

## 2 PORVOON EDUSTAN MERIALUE

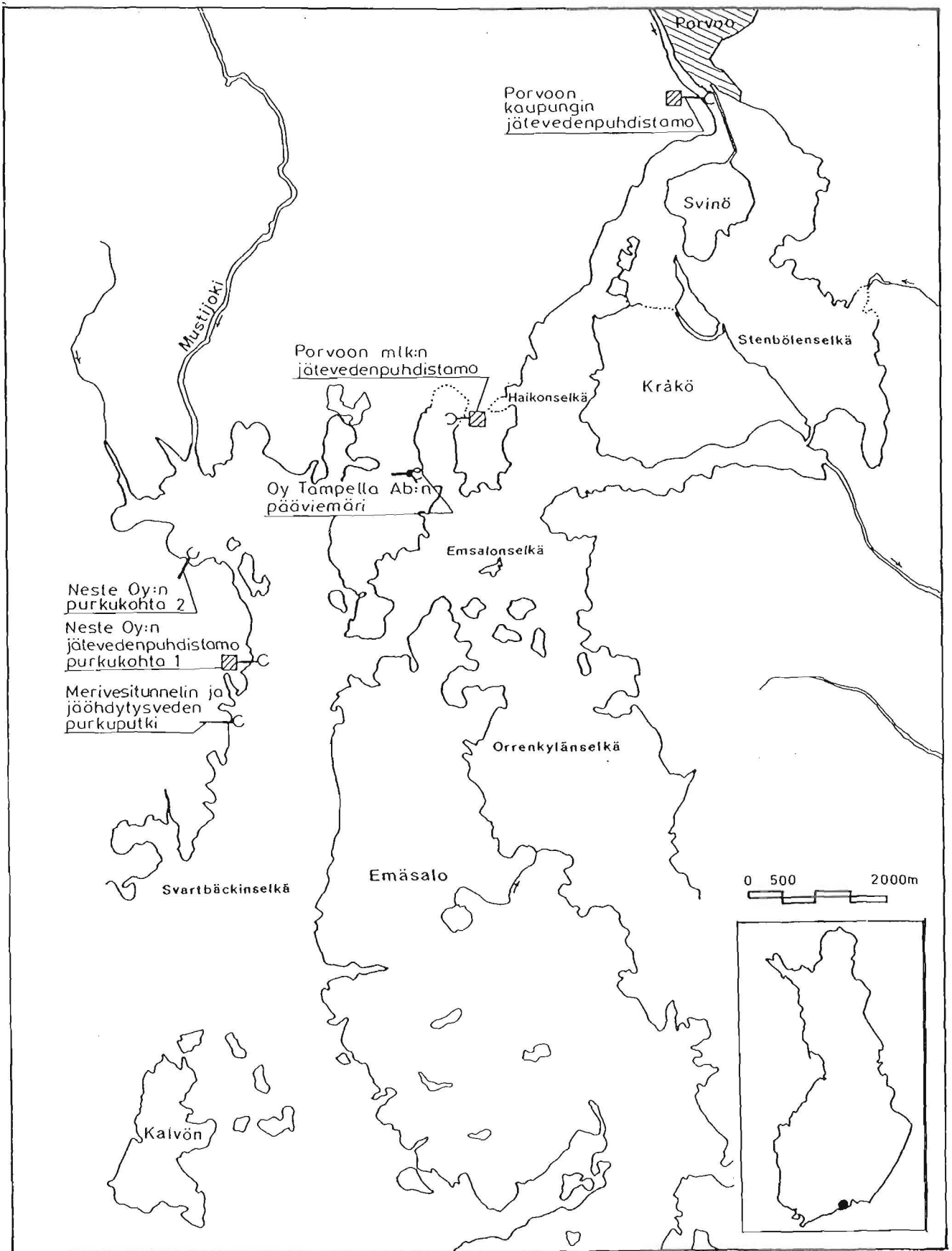
### 2.1 Alueen kuvaus

Tarkastelun kohteena olevaan Porvoon edustan merialueeseen kuuluvat Svartbäckinselkä, Orrenkylänselkä ja Emäsalonselkä sekä pohjoisimpina Porvoonselkä, Stensbö-lenselkä ja Haikonselkä (kuva 1). Merialue kuuluu pääosin Porvoon maalaiskuntaan. Porvoonjoen edusta on Porvoon kaupungin vesialuetta.

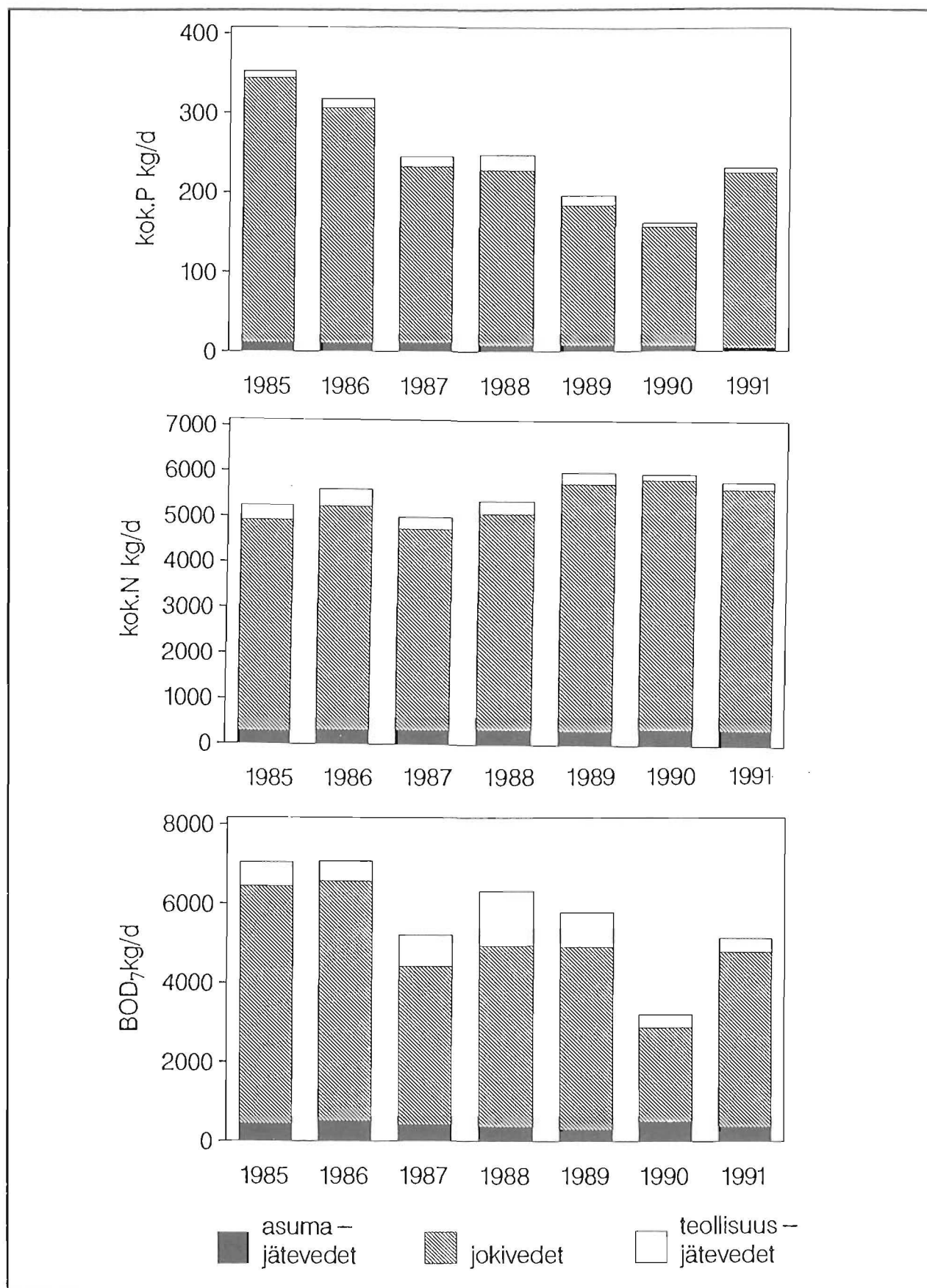
Alueen pohjoisosaan laskee Porvoonjoki, jonka suualue sekä Porvoon- ja Stensbölen-selkä ovat hyvin matalia (syvimmillään 2 m) ja rannoiltaan kaislikkoisia vesialueita. Kråkön saaren länsipuolella Haikonselällä vesisyvyyttä on jo 3 – 5 metriä. Porvoonjoen vedet virtaavat Haikonselälle ja edelleen Emäsalonselälle, joka on keskiosiltaan 10 – 20 metrin syvyinen. Hermansön ja Tolkkisten väliseen matalaan Koddervikenin lahteen kohdistui voimakas sulfiittiseluloosatehtaan jätevesien kuormitus 1970-luvun puoliväliin saakka. Emäsalon saari jakaa Emäsalonselän kahteen yli 10 kilometriä pitkään ja 1 – 3 kilometriä leveään vesialueeseen. Porvoonjoen vesi virtaa saaren molemmin puolin merelle.

Emäsalon saaren länsipuolella Svartbäckinselkä on pääosin 20 – 30 metriä syvää aluetta. Kapea Kuggsundetin salmi erottaa Svartbäckinselän ja Emäsalonselän toisistaan. Selän matalahkoon pohjoispäähän laskee Mustijoki (Mäntsälänjoki). Neste Oy:n teollisuuslaitokset ovat sijoittuneet Svartbäckinselän länsirannalle, joka on jyrkkärantainen ja 20 – 30 metrin syvyinen vesialue. Emäsalon puolella vesisyvyys on alle 10 metriä. Svartbäckinselältä on hyvä yhteys avomerelle varsinkin Kalvön saaren itäpuolelta, sillä alueella ei ole kynnyksiä.

Emäsalon itäpuolella sijaitseva Orrenkylänselkä on Svartbäckinselkää matalampi. Sen keskisyvyys on 10 – 15 metriä ja suurin syvyys eteläosissa 33 – 35 metriä. Sen rannat ovat loivempia ja pohjoisosiltaan kaislikkoisempia kuin Svartbäckinselällä. Porvoonjoen vedet virtaavat selälle matalahkon ja saaristoisen Rönnskärsundetin kautta. Selän yhteys avomerelle on hyvä.



Kuva 1. Porvoon edustan merialue ja sen kuormittajat.



Kuva 2. Porvoon edustan merialueen kuormitus. Asumajätevesien, jokivesien ja teollisuusjätevesien kokonaisfosforikuormitus (kok.P), kokonaistyyppikuormitus (kok.N) ja BOD<sub>7</sub>-kuormitus v. 1985–1991 (kg/d)

Porvoon edustalla pintaveden keskimääräinen suolaisuus on Porvoonjoen suualueella 1 – 2 ‰, Haikonselällä ja Emäsalonselällä 3 – 4 ‰ ja ulompana merellä 5 – 6 ‰ (Talsi 1987). Rannikkovesille tyypilliseen tapaan joki- ja jätevedet leviävät alueella talvella lähinnä jään alla kerroksena suolaisemman meriveden päällä. Avovesikautena tuulista ja meriveden virtauksista riippuen suolainen merivesi saattaa levitä Porvoonjoen suulle asti. Syvimmillä alueilla muodostuu yleensä lämpötilakerrostuneisuus, mutta matalat lahdet eivät kerrostu. Erillistä halokliinia ei muodostu. Laivaväyliä lukuunottamatta merialue yleensä jäätyy talvella. Viimeisten kolmen vuoden aikana (1989 – 1991) jäänmuodostus on ollut heikkoa.

## 2.2 Virtaukset

Porvoon edustan merialueen veden virtauksia ja joki- sekä jätevesien sekoittumista arvioidaan vuosittain yhteistarkkailun yhteydessä (mm. Oy Vesi-Hydro Ab 1992). Havaintopaikoilta mitataan lämpötilan ja sähkönjohtavuuden vaihtelu eri syvyyksillä.

Veden vaihtuminen eri tilanteissa näkyi selvästi esim. kesän 1991 aikana sähkönjohtavuusarvojen ja lämpötilojen vaihtelussa Porvoon edustalla (ks. kohta 4.2.1, Oy Vesi-Hydro Ab 1992). Kesäkuun puolivälissä Porvoonjoen vesiä havaittiin Emäsalonselällä kahden metrin syvyyteen saakka. Kuun lopulla joen vaikutus näkyi vain Haikonselällä. Heinäkuussa koko tutkimusalueen vesimassat olivat vaihtuneet. Elokuun alkupuolella Emäsalonselälle oli virrannut Kuggsundetin pohjaa myöten kylmää ja suolaista merivettä. Porvoonjoen vaikutukset näkyivät vain Haikonselän pohjoisosissa. Elokuun lopulla vähäsuolaiset vedet levisivät Svartbäckinselällä asti. Myös Mustijoen vaikutus näkyi selän pohjois- ja länsiosissa. Mustijoen vedet virtaavat todennäköisesti aluksi Svartbäckinselän itärannalla ja myöhemmin selän keskiosissa merelle päin. Osa jokivesistä kulkeutuu etelän- ja lännenpuoleisilla tuulilla Kuggsundetin kautta Emäsalonselän suunnalle.

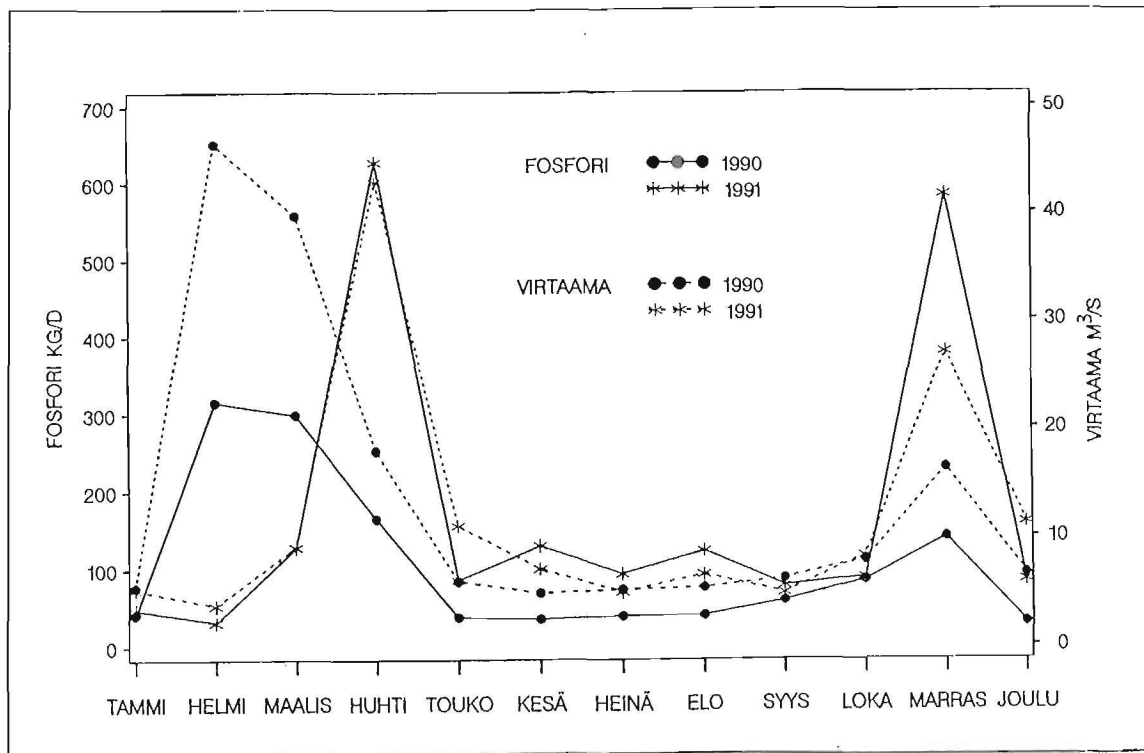
Veden virtauksia mitattiin v. 1986 Emäsalonselän pohjoispään länsi- ja itäpuolisissa salmissa (Forsius 1987). Aiemmin Sarkkula (1983) arvioi vedenvaihduntaa alueella. Jääpeitteisenä aikana merialueen virtaukset aiheutuvat pääasiassa jokien virtaamasta ja muutoksista merenpinnan korkeudessa. Keväällä 1986 (Forsius 1987) Porvoonjoen virtaama oli keskimäärin  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  ja tulvahuipun aikana virtaama kohosi arvoon  $66 \text{ m}^3/\text{s}$ . Suurin vuorokauden aikana havaittu muutos merivedenpinnan korkeudessa oli 33 cm. Keskimääräinen muutos oli 10 cm. Vesi virtasi lahdista avomerelle päin heti jään alla ohuena kerroksena sekoittumatta koko vesimassaan. Vuonna 1986 jokivesikerros oli noin metrin paksuinen. Emäsalonselän länsipuoleisessa Kuggsundetissa voimakkaasti virtaava vesi kuitenkin yleensä sekoittui eikä kerrostumista tapahtunut. Orrenkylänselälle johtavissa Rönnskärssundetin ja Brantuddenin salmissa sitävästoin kerrostuminen oli ainakin virtausmittausten aikana v. 1986 selvä. Vähäsuolainen Porvoonjoen vesi purkautui lähes puoliksi Svartbäckinselälle ja Orrenkylänselälle. Meriveden pinnan korkeusvaihteluiden seurauksena merivesi virtasi pohjalla vastapäivään Emäsalon ympäri. Jatkuvaluonteisen merivesivirtaaman suuruusluokka oli noin  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Kesällä jokivesi sekoittui meriveteen ja lämpötilakerrostuneisuutta esiintyi. Tuulet vaikuttivat ratkaisevasti virtauksiin. Porvoonjoen virtaama oli pieni, keskimäärin  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Suurin vedenkorkeusero vuorokauden aikana oli 36 cm. Keskimääräinen muutos oli 6,7 cm. Virtausmittausten mukaan idänpuoleisilla tuulilla vesi kiersi Emäsaloa vastapäivään, etelän- ja lännenpuoleisilla tuulilla kiertosuunta oli myötäpäivään. Kun tuuli ja virtaus oli suuntautunut samaan suuntaan vesi vaihtui tehokkaasti. Keskimääräisen tehokkaan vaihduntavirtaaman suuruusluokka oli  $25 - 30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 3 MERIALUEEN KUORMITUS

#### 3.1 Joet

Porvoon edustan merialueelle laskee kaksi merkittävää jokea, Mäntsälänjoki eli Mustijoki ja Porvoonjoki. Hajakuormitus ja asumajätevedet vaikuttavat voimakkaasti jokien veden laatuun. Joet tuovat merialueelle vuosittain ylivoimaisesti suurimman ravinne-,  $\text{BOD}_7$ - ja kiintoainekuormituksen (liitteet 1 – 2 ja kuva 2). Kuormitustiedot on poimittu vesi- ja ympäristöhallituksen ympäristötietojärjestelmän rekistereistä. Jokien valuma-alueilla on vähän virtaamia tasaavia järviä, joten virtaamat vaihtelevat erittäin paljon.



Kuva 3. Porvoonjoen virtaamat ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) ja fosforin ainevirtaamat ( $\text{kg/d}$ ) v. 1990 – 1991.

Mustijoen kokonaispituus on noin 70 km ja sen valuma-alue on 785 km<sup>2</sup>. Joen kuljetamista ravinteista ja kiintoaineesta on arvioitu 70 – 90 %:n olevan hajakuormituksesta peräisin, pääasiassa pelloilta (Laine 1988). Jokea kuormittavat mm. Mäntsälän ja Pornaisten jätevedenpuhdistamot. Keskivirtaama joessa oli v. 1963 – 1985 Vekkosken havaintoasemalla 6,4 m<sup>3</sup>/s. Pääosa kuormituksesta tulee tulva-aikoina keväällä ja syksyllä. Vuoden aikana tuleva kokonaiskuormitus riippuu voimakkaasti sääoloista. Mustijoen fosforikuormitus oli vuosina 1985 – 1991 yleensä noin 40 – 50 kg/d, typpi- ja BOD<sub>7</sub>-kuormitus oli noin 1 000 kg/d (liite 1).

Porvoonjoki on virtaamaltaan lähes kaksinkertainen Mustijokeen verrattuna. Vakkolan havaintopaikalla v. 1963 – 1985 mitattiin keskivirtaamaksi 11,6 m<sup>3</sup>/s. Joen kokonaispituus on 143 km ja valuma-alueen pinta-ala on 1 271 km<sup>2</sup>. Salpausselän etelärinteiltä alkunsa saava joki on heti yläjuoksultaan voimakkaasti Lahden kaupungin jätevesien likaama. Jokeen johdetaan pitkin matkaa useiden yhdyskuntien jätevedet. Porvoonjoen kuormitus selvityksessä (Lehtonen ym. 1991) arvioitiin noin 60 % fosforikuormituksesta tulevan maataloudesta ja noin 13 % puhdistetuista jätevesistä. Typpikuormittajista suurin on puhdistetut jätevedet (37 %), peltoviljelyn osuus oli vajaa kolmannes. Kiintoainekuormituksesta noin 90 % aiheutui maataloudesta. Merialueelle tuleva kuormitus on voimakkaimmillaan tulvahuippujen aikaan (kuva 3). Sääolojen vaikutus on myös selkeästi havaittavissa. Vuonna 1990 lumi sulii jo helmikuussa, jolloin ravinne- ja kiintoainekuormitushuippu oli alhaisempi, mutta kesti pidempään kuin 'normaalivuonna' 1991 (kuva 3). Porvoonjoessa kulki v. 1985 – 1991 fosforia 100 – 200 kg/d, typpeä 3 000 – 4 000 kg/d ja BOD<sub>7</sub>-kuormitus oli noin 1 000 – 4 000 kg/d (liite 1).

### 3.2 Asumajätevedet

Porvoon edustan merialueelle on johdettu asumajätevesiä Porvoon kaupungin ja Porvoon maalaiskunnan puhdistamoilta 1970-luvun alusta lähtien. Puhdistamojen valmistuttua merialueen kuormitus pieneni olennaisesti ja merialueen tila parani (Penttinen 1980). Puhdistamot toimivat nykyisin aivan mitoitustensa ylärajoilla. Uusien lupapäätösten (Porvoon maalaiskunta, L-S VEO 56/1992 ja Porvoon kaupunki L-S VEO 57/1992), joilla ei vielä ole lainvoimaa, mukaan luvan saajien tulee kahden vuoden kuluessa tehdä suunnitelma jätevesien puhdistuksen tehostamiseksi ja selvittää mm. mahdollisuudet typenpoistoon ja vaihtoehdot purkupaikalle. Teollisuuslaitosten saniteettijätevedet käsitellään niiden omilla laitoksilla. Asumajätevesien kuormitustiedot on poimittu vesi- ja ympäristöhallituksen rekisteristä.

Puhdistamojen BOD<sub>7</sub>- ja fosforikuormitus on yleensä pysynyt lupaehtojen rajoissa eivätkä uudet lupaehdot tuottane ongelmia. Porvoon kaupungin kemiallinen puhdistamo sijaitsee Kokonniemessä Porvoonjoen suulla. Laitoksella käsiteltävä vesimäärä on noin 9 000 m<sup>3</sup>/d (liite 1). Puhdistamon aiheuttama kuormitus on pysynyt likipitään ennallaan vuodesta 1975 lähtien (Talsi 1987, liite 1) fosforia lukuunottamatta, jonka kuormitus on pudonnut 1980-luvun alkupuolen tasosta 10 kg/d noin puoleen viimeisten neljän vuoden aikana. 1970-luvulla fosforikuormitus oli vielä selvästi korkeampi (12 – 19 kg/d).



Porvoon maalaiskunnan aktiivilietelaitos sijaitsee Hermansössä. Jätevedet johdetaan Koddervikeniin, joka on voimakkaasti likaantunut sinne aikaisemmin johdettujen sellutehtaan jätevesien vuoksi. Maalaiskunnan jätevesikuormitus on noin puolet kaupungin puhdistamon kuormituksesta. Jätevesien määrä on kohonnut jonkin verran 1980-luvun puolivälin jälkeen. Viime vuosina puhdistamon jätevesimäärä on ollut noin 4 000 – 5 000 m<sup>3</sup>/d. Typpikuormitus on selvästi kohonnut viime vuosina (liite 1). Nykyisin puhdistamon typpikuormitus on noin 100 kg/d ja fosforikuormitus on noin 2 – 4 kg/d.

### 3.3 Teollisuusjätevedet

#### 3.3.1 Tampella Oy

Porvoon edustan merialuetta kuormitti voimakkaasti vuoteen 1975 saakka Tampella Oy:n sulfiittiselluloosatehdas, jonka jätevedet johdettiin puhdistamattomina Koddervikeniin. Tehdas aloitti toimintansa vuonna 1893. Tehtaan lopettamisen jälkeen Koddervikenin ja osittain myös Emäsalonselän tila ja vedenlaatu ovat parantuneet (Talsi 1987). Nykyisin Tolkkisissa toimii Tampella Oy:n saha, jonka käyttö- ja jätevedet johdetaan pääosin Koddervikeniin ja vain satunnaisesti Sillvikeniin. Sahan tuotanto on noin 200 000 m<sup>3</sup> sahatavaraa vuodessa. Jätevesistä tarkkaillaan orgaanisen aineen määrää, ravinteita ja kiintoainetta.

Sillvikeniin valuu tukkien kasteluun käytettyä merivettä. Vuonna 1989 Sillvikenin kuormitus väheni olennaisesti, kun kuoripuristimen ja savukaasupesurin käyttö lopetettiin. Myös tukkien vesivarastointi lopetettiin alueella v. 1989. Tukkien vesivarastoa suulatettiin aiemmin Etelä-Suomen Voima Oy:n voimalaitoksen savukaasupesurin ja kuivaamon lämmön talteenoton vesillä. Vuonna 1983 voimalaitokseen asennettiin uusi katila ja sen yhteydessä savukaasujen sähkösuodatin, jolloin jätevesien laatu parani huomattavasti. Pääosa sahan jätevesistä johdetaan pääviemärin kautta Koddervikeniin. Jätevesiä kertyy tukkikenttien kasteluvesistä, sahan ilmakompressorin jäähdytysvesistä ja Etelä-Suomen Voima Oy:n voimalaitoksen jäähdytys- ja huuhteluvesistä. Tehdasalueen sadevedet valuvat myös osittain pääviemäriin. Tehdasalueen ja osittain asuntoalueen jätevedet johdetaan Porvoon maalaiskunnan jätevedenpuhdistamolle. Sahan jätevesiä johdettiin mereen vuosina 1985 – 1991 yhteensä n. 4 000 – 5 000 m<sup>3</sup>/d (liite 1). Kuormituksen suuri vuosittainen vaihtelu johtuu suureksi osaksi siitä, että arvot on laskettu vain muutamasta näytteestä (2 – 5 näytettä/a). Sahan aiheuttama vesistökuormitus on kuitenkin yleensä ollut selvästi pienempi kuin Neste Oy:n tuotantolaitosten (liite 1). Keskimääräinen fosforikuormitus oli 1 – 3 kg/d, typpikuormitus 5 – 12 kg/d ja kiintoainekuormitus 90 – 500 kg/d vuosina 1985 – 1991.

#### 2.3.2 Neste Oy

Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitosten toiminta alkoi 1960-luvun alkupuolella. Öljynjalostamo käynnistyi v. 1965 ja toiminta on sittemmin laajentunut. Petrokemian teollisuus ja muoviraaka-aineiden valmistus alkoi 1970-luvun alussa ja myöhemmin toiminta on laajentunut kemianteollisuuteen. Jalostamon raakaöljyn jalostuskapasiteetti on

n. 12 milj. t/a. Päätuotteina jalostamolla ovat nestekaasu, nestemäiset polttoaineet, bitumi ja rikki. Raakaöljyn tislauksessa saatuja keveitä jakeita käytetään petrokemian teollisuudessa. Petrokemian tehtaisiin kuuluvat eteeni-, butadieeni-, bentseeni- ja fenolilaitokset. Osa petrokemian tuotteista käytetään raaka-aineina omilla muovitehtaila Porvoon maalaiskunnassa.

Kemianteollisuuden (Neste Chemicals) tehtaisiin kuuluvat muovitehtaat (polyeteeni (LDPE)-, polyvinyylikloridi(PVC)- ja polypropeeni(PP)-laitokset, Polyesteri- ja Pehmitinainetuotanto (2-P-tuotanto, ennen vuotta 1990 Teollisuuskemiyksikkö) ja Polystyreenitehdas. Polyeteeniä käytetään pääasiassa kalvoihin ja kartongin päällystykseen. Polyvinyylikloridia (PVC) käytetään mm. putkiin, lattiapäällysteisiin, profiileihin, kaapeleihin ja pulloihin. Polypropeenaa käytetään kuituihin, pakkausmateriaaleihin, sairaalatarvikkeisiin ja teknisiin osiin. 2-P-tuotantoyksikössä Pehmitinainetehtaan tuotteita käytetään mm. PVC:n pehmitinaineena muovipinnoitteissa ja liimateollisuudessa. Polyesterihartseja käytetään lasikuituvalmisteisiin. Ftaalihappoanhydridin ja fumaarihapon valmistus lopetettiin v. 1990. Polystyreeniä käytetään mm. elintarvikepakkauksissa ja cristyslevyinä rakennus- ja elementtiteollisuudessa.

Jätevesien muodostumisen ja johtamisen perusteella laitokset voidaan jakaa öljynjalostamoon ja petrokemian tehtaisiin ja toisaalta kemian tehtaisiin, joita koskevat katselmustoimitukset ovat meneillään. Öljynjalostamon ja petrokemian tehtaiden jätevesien mereen johtaminen perustuu vesioikeuden v. 1984 antamaan lupaan (L-S VEO 47/1984). Kemianteollisuuden eri tuotantolaitoksilla on omat lupansa vuosilta 1979 ja 1981. Seuraavassa esitettävä kuormitusta koskeva yhteenveto on laadittu Neste Oy:n toimittamien katselmustoimituksiin liittyvien selvitysten, velvoitetarkkailujen ja Helsingin vesi- ja ympäristöpiirissä tehtyjen selvitysten pohjalta. Kuormitustiedot on poimittu vesi- ja ympäristöhallituksen teollisuuden vesiensuojelurekisteristä.

Öljynjalostamon ja petrokemian tehtaiden varsinaiset, puhdistamon kautta tulevat jätevedet johdetaan mereen öljysatamassa olevan purkupaikka 1:n (kuva 1) kautta Svartbäckinselälle. Jätevedenpuhdistamoon johdetaan öljyiset vedet, prosessijätevedet ja saniteettijätevedet. Vedet, joiden ei katsota sisältävän öljyä eikä liuenneita orgaanisia aineita johdetaan käsittelemättöminä Kartanonlahteen purkupaikka 2:n kautta (kuva 1). Tällaisia vesiä ovat vedenpuhdistuksen hukkavedet, höyrykattiloiden ulospuhallusvedet, valumavedet öljyttömiltä alueilta ja kaatopaikalta sekä ongelmajätteiden välivarastointipaikan haitattomat sadevedet. Lahteen tulevan puron veden laatua tarkkaillaan säännöllisesti, ja sen kuormitus huomioidaan laitosten kokonaiskuormitusta arvioitaessa. Öljynjalostamon jäähdytysvesijärjestelmän vedet johdetaan merivesitunneliin. Jalostamoalucella sijaitsevan vesilaitoksen lietevedet ja voimalaitoksella sijaitsevan syöttöveden suolanpoistolaitoksen huuhtelu- ja elvytysvedet johdetaan neutraloinnin jälkeen merivesitunneliin. Myös voimalaitoksen ja eteenilaitoksen suurpainehöyrykattiloiden ulospuhallusvedet johdetaan tunneliin.

Happamat ja fenolipitoiset jätevedet esipuhdistetaan strippaamalla (haihdutustislau). Mekaanisessa puhdistuksessa jätevettä juoksutetaan yhden tai useamman rinnakkaisen altaan läpi, jolloin öljy nousee vettä kevyempänä pintaan ja raskaimmat aineet laskeutuvat altaiden pohjalle. Kemiallisessa puhdistuksessa vedestä poistetaan kolloidisia

hiukkasia ja öljypisaroita kemikaalien avulla. Biologisessa puhdistuksessa vedestä poistetaan aktiivilietemenetelmällä siihen liuenneita epäpuhtauksia. Veden puhdistuminen perustuu ilmastus- ja selkeytysaltaiden välillä kierrätettävässä lietteessä elävien bakteerien ja pieneliöiden toimintaan. Osa öljyä sisältävistä vesistä menee aktiivihiihikäsittelyyn. Menetelmä perustuu aktiivihiihien kykyyn adsorboida pinnalleen hiilivetyjä ja muita orgaanisia yhdisteitä. Kemiallisesti ja biologisesti puhdistetut jätevedet sekä aktiivihiihilaitoksesta tulevat vedet johdetaan ilmastimin varustettuihin hapetusaltaisiin. Ennen mereen laskua jäteveden määrä mitataan jatkuvatoimisella mittalaitteella.

Öljynjalostamon jätevesien tarkkailussa seurataan BOD<sub>7</sub>-, COD-, fosfori-, typpi-, öljy- ja fenolipitoisuuksia. Jalostamo on Porvoon edustan merialueen suurin yksittäinen kuormittaja, jos jokien tuomaa kuormitusta ei huomioida (liite 1). Jalostamon jätevedet sisältävät suuria määriä hapettuvaa orgaanista ainesta. Öljynjalostamon BOD<sub>7</sub>-kuormitus oli vuosina 1985 – 1991 noin 200 – 300 kg/d ja COD-kuormitus oli 2 000 – 3 000 kg/d (liite 1). Tärkeimmät hapenkulutusta lisäävät aineet jalostamon jätevesissä ovat liuenneet orgaaniset yhdisteet. Jätevedet sisältävät lisäksi mm. hapettuvia typpi- ja rikkiyhdisteitä. Jätevesien ravinnepitoisuudet olivat vuosina 1990 – 1991 selvästi aikaisempaa vähäisempiä, fosforikuormitus oli noin 3 kg/d ja typpikuormitus 120 – 140 kg/d. Myös jätevesien määrä on laskenut. Ravinnepäästöt pysyivät lupaehtojen alapuolella vuositasolla. Vuonna 1984 voimaan tulleen lupapäätöksen (L-S VEO 47/1984) mukaan kalenterivuoden keskiarvona laskettuna typpikuormitus saa olla enintään 25 000 kg/kk eli 830 kg/d ja fosforikuormituksen raja on 500 kg/kk eli 17 kg/d. Häiriöiden sattuessa fosforikuormitus kuitenkin ylitti ajoittain lupaehdot. BOD<sub>7</sub>-kuormituksen osalta lupaehdoissa esitettyä tavoitearvoa (85 000 kg/kk) vuosikeskiarvona ei ole saavutettu.

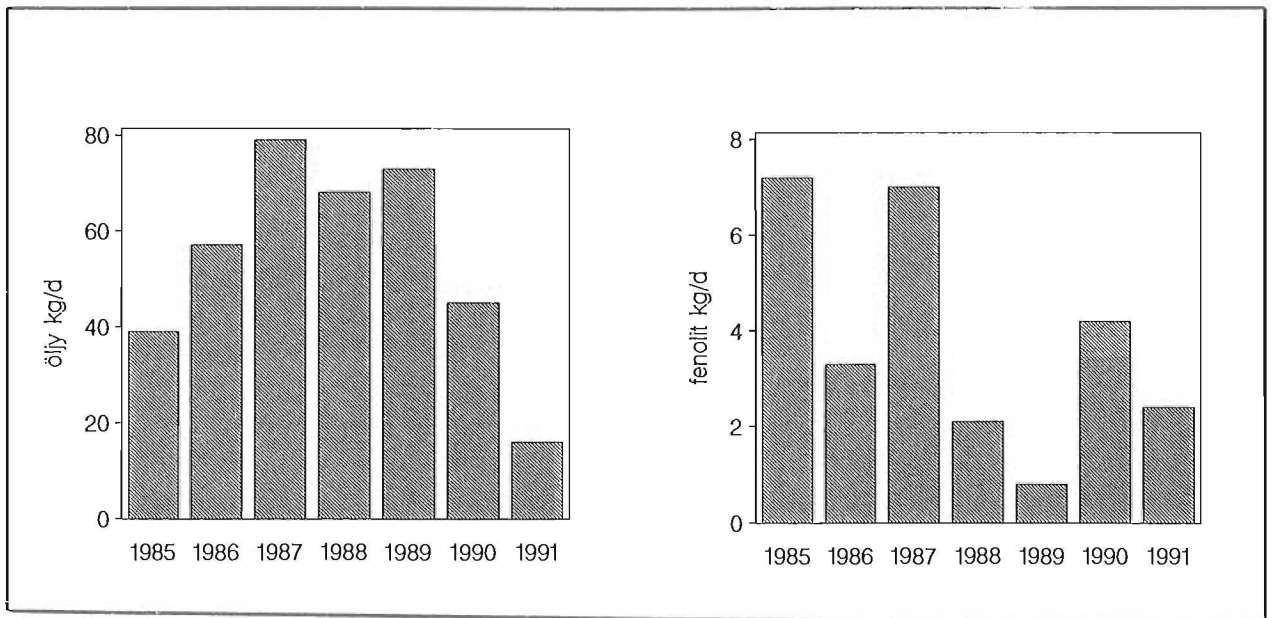
Jalostamon jätevedet sisältävät öljyä, sulfideja, merkaptaneja, syanideja, ammoniakkia, fenoleja ja raskasmetalleja. Öljypäästöt olivat v. 1991 vain 16 kg/d, mutta vuosina 1987 – 1989 päästöt ylittivät lupaehdon 60 kg/d (liite 1, kuva 4). Vuosina 1974 – 1975 öljykuormitus oli noin 100 – 120 kg/d, mutta laski sen jälkeen selvästi (Talsi 1987). Fenolipäästöt vaihtelivat vuosina 1985 – 1991 välillä 0,8 – 7,2 kg/d (kuva 5, liite 1). Fenolikuormitus ylitti vuosina 1985 ja 1987 lupaehdon 5 kg/d. Fenolipitoisten jätevesien määrässä ei ole tapahtunut olennaisia muutoksia vuonna 1974 alkaneen tarkkailun aikana (Talsi 1987). Syanidien määrä puhdistetuissa jätevesissä oli Neste Oy:n tutkimusten mukaan v. 1981 aina alle 100 µg/l (Talsi 1987). Raskasmetallien määrää jätevesissä tutkittiin v. 1982 katselmustoimitusta varten Neste Oy:n toimesta (Talsi 1987). Rautaa lukuunottamatta raskasmetallipitoisuuksien todettiin jääneen alle kaikkien Euroopan maiden voimassa olleiden pitoisuusrajoitusten. Vuonna 1990 tutkituissa jätevesissä pitoisuudet olivat myös rautaa lukuunottamatta alhaisia (taulukko 1). Polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH-yhdisteet) tutkittiin jalostamon jätevesistä vuoden 1982 lupahakemuksen yhteydessä tehdyissä selvityksissä. Mittaustarkkuutta (0,001 mg/l) ylittäviä pitoisuuksia ei löytynyt yhdenkään tutkitun yhdisteen kohdalla (Talsi 1987).

Muovitehtaiden saniteettijätevedet käsitellään aktiivilietelaitoksessa ja johdetaan merivesitunneliin. Polyeteenilaitoksen prosessijätevedet johdetaan öljynerotuksen jälkeen vesilaitoslietteiden, suolanpoistolaitoksen jätevesien, pääkytkinlaitoksen ja käyttöhyödykealueen sadevesien ja siilojen pesuvesien kanssa merivesitunneliin. Polyvinyylidikloridilaitoksen jätevedet johdetaan laskeutumisaltaan kautta ilmastusportaille ja edelleen

hapetusaltaan kautta merivesitunneliin. Polypropeenilaitoksen jätevedet johdetaan erotusaltaiden kautta ilmastusportaille ja edelleen hapetusaltaan kautta tunneliin. Säiliöautonpesuaseman kiintoaineen- ja öljynerottimien kautta tulevat pesuvedet ja muovitehtaiden prosessialueen ulkopuolisten alueiden sadevedet johdetaan sadevesialtaaseen ja edelleen merivesitunneliin. Muovitehtaiden eteläpuolisen maaston puhdistamiseksi pumpattua dikloorietaania sisältävää pohjavesi johdetaan höyrystripperi-käsittelyn jälkeen muovitehtaiden säiliöalueen sadevesien kanssa ilmastusportaiden kautta hapetusaltaaseen ja edelleen merivesitunneliin. Muovitehtaiden kloorattujen

Taulukko 1. Neste Oy:n öljynjalostuksen ja petrokemian jätevesien raskasmetallipitoisuuksia (Neste Oy 1990). Näyte 1 on aktiivihiililaitoksen tuote ja näyte 2 on biologisen puhdistuksen tuote.

	näyte 1 µg/l	näyte 2 µg/l
Elohopea	<0,1	<0,1
Kadmium	<1	<1
Kromi	7	7
Koboltti	10	6
Kupari	2	2
Lyijy	4	3
Mangaani	5	240
Molybdeeni	4	2
Nikkeli	<10	<10
Rauta	9	5000
Sinkki	<10	<10
Vanadiini	77	<1



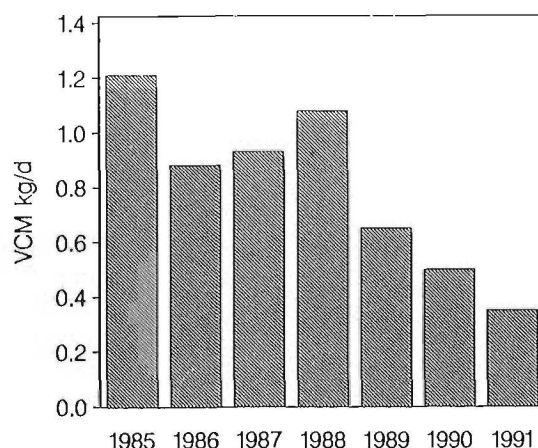
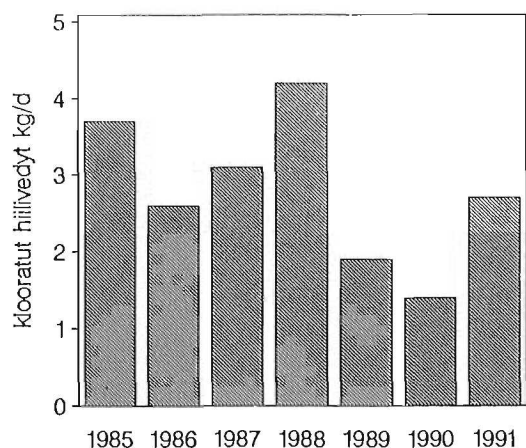
Kuva 4. Neste Oy:n öljykuormitus (kg/d) v. 1985 – 1991

Kuva 5. Neste Oy:n fenolikuormitus (kg/d) v. 1985 – 1991

hiilivetyjen ja vinyylikloridin (VCM) päästöt olivat 1980-luvun alussa jopa kymmenkertaisia verrattuna vuosikymmenen loppupuolen kuormitukseen. Kloorattujen hiilivetyjen kuormitus oli v. 1985 – 1991 noin 1 – 4 kg/d ja vinyylikloridin kuormitus oli noin 1 kg/d (kuvat 6 – 7, liite 1). Kuormitus pysyi vuositasolla lupaehtojen rajoissa, mutta yksittäisistä käyttöhäiriöistä johtuvia vinyylikloridin 6 kk:n liukuvina keskiarvoina laskettuja lupaehtojen ylityksiä tapahtui lähes vuosittain.

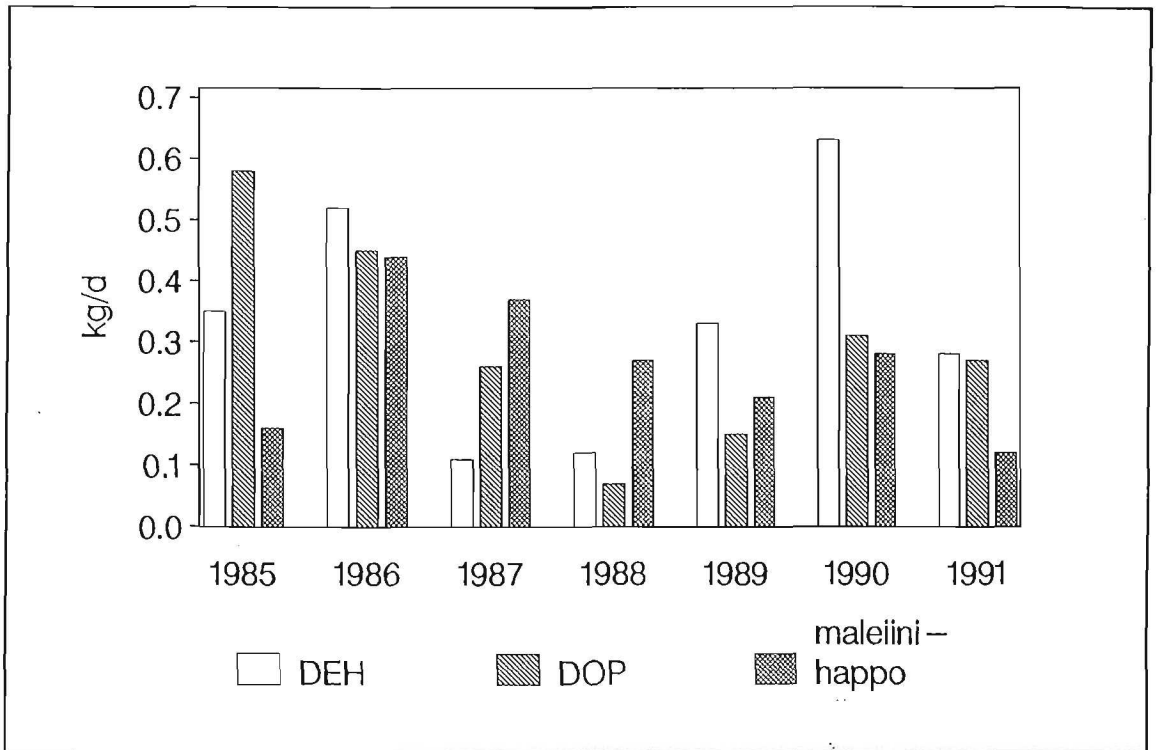
Polyesteri- ja Pehmitinainetuotantoyksikön biologiseen puhdistukseen sopimattomat jätevedet johdetaan poltettaviksi. Muut jätevedet johdetaan biologisen puhdistamon ja aktiivihililaitoksen kautta merivesitunneliin. Maleiinihappoanhydridin (MSA) kuormitus oli v. 1985 – 1991 noin 0,1 – 0,4 kg/d (kuva 8, liite 1). Kuormitus ei ylittänyt lupaehtoa (80 kg/kk). 2-etyyliheksanolin (DEH) kuormitus oli noin 0,1 – 0,6 kg/d (kuva 8, liite 1). Lupaehto (30 kg/kk) ylittyi ajoittain. Dioktyyliftalaatin (DOP) kuormitus vaihteli vuosina 1985 – 1991 noin 0,1 – 0,6 kg/d (kuva 8, liite 1). Lupaehto (30 kg/kk) ylittyi harvoin.

Polystyreenitehtaan saniteettijätevedet johdetaan suoraan biologisen puhdistamon ilmastusaltaaseen. Prosessijätevedet käsitellään ensin kemiallisessa ja sitten biologisessa puhdistamossa. Puhdistetut jätevedet johdetaan merivesitunneliin. Styreenilaivojen pesuvedet ja Norlatex Oy:n lateksitehtaan jätevedet johdetaan polystyreenitehtaan puhdistamolle. Pääosa sadevesistä on ohjattu vuodesta 1991 alkaen puhdistamon ohi merivesitunneliin. Tehtaan jätevesien lupaehdot ylittyivät selvästi BOD<sub>7</sub>-kuormituksen osalta. Kuormitus oli kuitenkin vain vähäinen osa verrattuna merialueelle kohdistuvaan kokonaiskuormitukseen (liitteet 1 – 2). Styreenikuormitus oli vuosina 1985 – 1991 noin 0,03 – 0,1 kg/d (kuva 9, liite 1) ja lupaehto alittui selvästi.

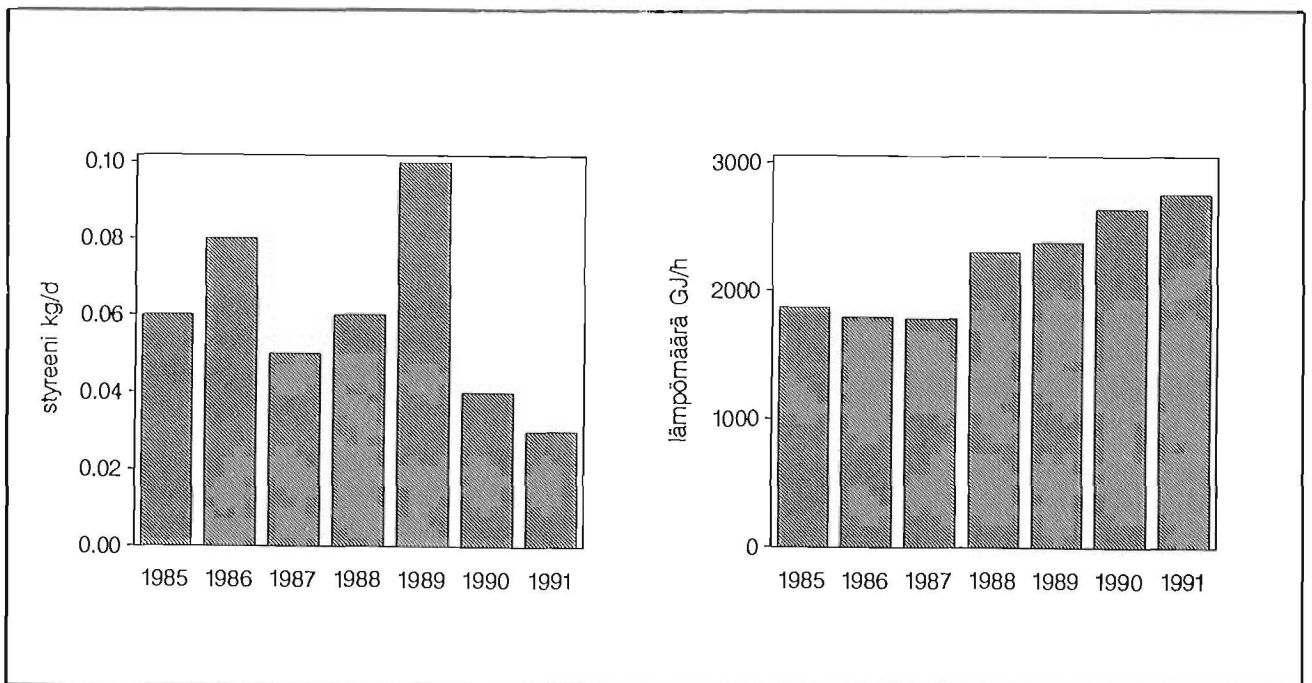


Kuva 6. Neste Oy:n muovitehtaiden jätevesien kloorattujen hiilivetyjen (kg/d) kuormitus v. 1985 – 1991.

Kuva 7. Neste Oy:n muovitehtaiden jätevesien vinyylikloridin (VCM, kg/d) kuormitus v. 1985 – 1991.



Kuva 8. Neste Oy:n Polyesteri- ja Pehmitinaine-yksikön jätevesien 2-etyyliheksanolin (DEH), dioktyyliftalaatin (DOP) ja maleiinihappoanhydridin (MSA) kuormitus (kg/d) v. 1985 - 1991.



Kuva 9. Neste Oy:n styreenikuormitus v. 1985 - 1991.

Kuva 10. Neste Oy:n tuotantolaitosten jäähdytysvesiin johdettu lämpöenergia (GJ/h) v. 1985 - 1991.



Neste Oy:n laitosten tarvitsema jäähdytysvesi otetaan Svarbäckinselältä ja johdetaan käytön jälkeen merivesitunneliin. Jäähdytysvesien määrä ja lämpökuorma ovat nousseet tuotantokapasiteettien nousun myötä (kuva 10, liite 1). Mereen johdettavan veden lämpötila on ollut 1980-luvun alusta alkaen aina alle + 25 °C ja lämpötilaero otettavan ja palautettavan veden välillä on ollut noin 10 °C. Lupaehtoja ei ole ylitetty.

## 4 MERIALUEEN VEDEN LAATU

### 4.1 Yleistä

Porvoon edustan merialueella on tehty vesistötutkimuksia vuodesta 1965 lähtien. Sään-  
nöllinen merialueen tilan tarkkailu aloitettiin 1970-luvulla. Seuraavassa tarkastellaan  
alueelta ennen vuotta 1992 kerättyä vedenlaatuaineistoa. Tarkkailuohjelmaa on vuosien  
kuluessa muutettu onkin verran. Vesistöä on tarkkailtu 17 havaintopaikalla (kuva 11),  
joilla vedenlaatua on mitattu kolme kertaa vuodessa. Pintavedestä (0 – 2 m) on lisäksi  
mitattu perustuotantokyky, klorofylli-a ja ravinnepitoisuudet kahdeksan kertaa  
avovesikauden aikana. Velvoitetarkkailun ohjelma uusittiin keväällä 1993, jolloin  
ravinnekuormituksen rehevöittävien vaikutusten seuranta kevennettiin ja haitallisten  
aineiden seuranta painotettiin.

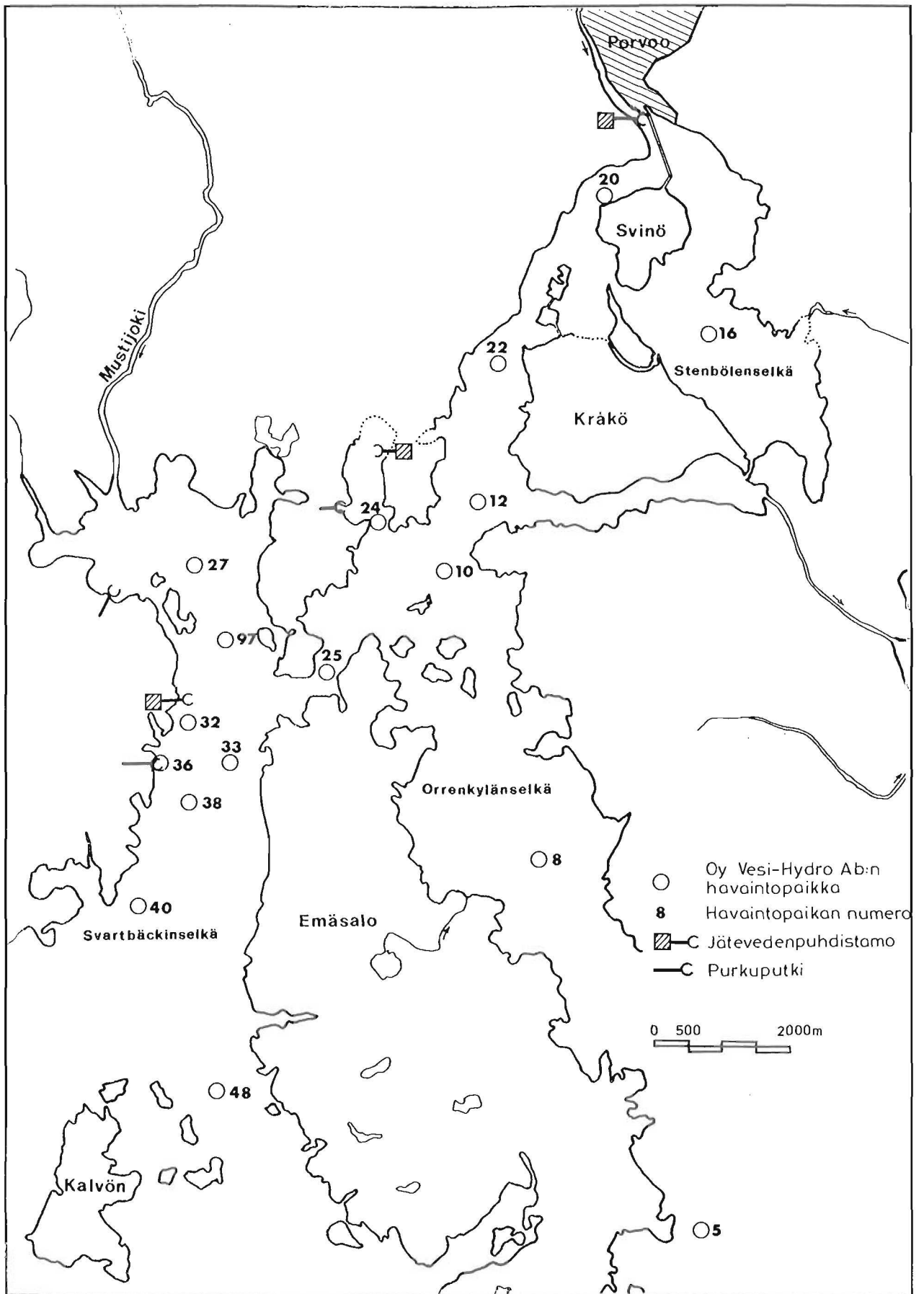
Merialueen yleinen käyttökelpoisuus oli 1990-luvun alussa lievästi parempi kuin 1980-  
luvun puolivälissä (Puomio 1993). Käyttökelpoisuudeltaan huonoksi luokiteltua aluetta  
oli enää Stensbölenselkä ja Porvoonselkä. Svinön itäpuolisen alueen käyttökelpoisuus  
oli parantunut välttäväksi. Haikonselkä ja Kodderviken (p. 24) olivat edelleen välttäviä  
veden laadultaan. Emäsalonselän, Orrenkylänselän pohjoisosan ja Svarbäckinselän  
käyttökelpoisuus Nesteen laitosten edustalle saakka oli parantunut välttävästä  
tyyydyttäväksi. Orrenkylänselän eteläiset osat olivat edelleen käyttökelpoisuudeltaan  
tyyydyttäviä. Ulompana merellä käyttökelpoisuus oli hyvä.

### 4.2 Fysikaalis-kemialliset tutkimukset

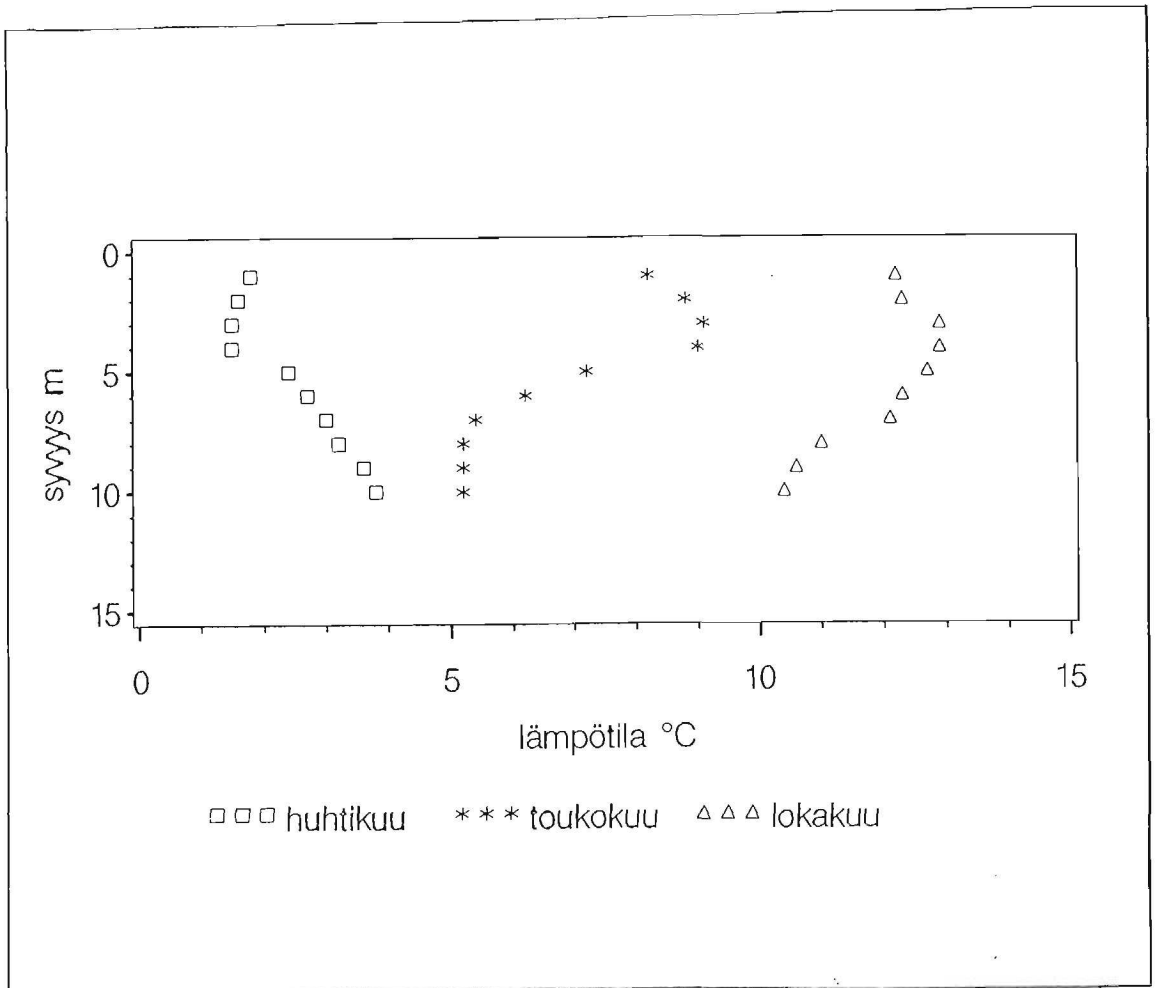
#### 4.2.1 Lämpötila ja sähkönjohtavuus

Lämpötilamittausten tulosten pohjalta voidaan arvioida Porvoon merialueen kerrostunei-  
suutta tutkimuksen aikana ja Nesteen lämpökuormituksen vaikutuksia. Sähkönjoh-  
tavuusmittausten tulokset puolestaan kertovat jokiveden virtauksista ja sekoittumisesta  
meriveteen sekä meriveden virtauksista rannikolle päin.

Lämpökuormituksen vesistövaikutuksia tarkkaillaan vuosittain Svarbäckinselällä useita  
kertoja. Havaintoja tehdään metrin välein. Avovesiaikana lämpimien jäähdytysvesien  
vaikutuksia ei yleensä ole havaittu muualla kuin merivesitunnelin suulla (piste 36, kuvat  
12 – 13). Kesällä ei tunnelin edustallakaan voi havaita lämpötilan kohoamista. Talvella  
jäähdytysvesien vaikutus sen sijaan on selvästi havaittavissa. Huhtikuussa 1991



Kuva 11. Velvoitetarkkailun havaintopaikat Porvoon edustan merialueella.

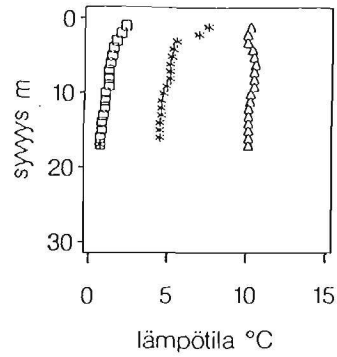


Kuva 12. Veden lämpötila eri syvyyksillä merivesitunnelin edustalla (p. 36) v. 1991.

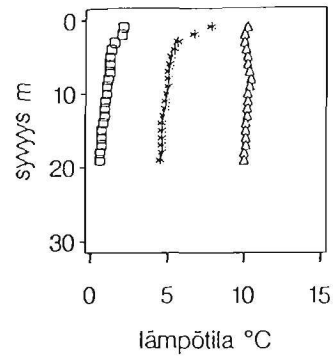
merivesitunnelin edustalla veden lämpötila oli 5 metrin syvyydestä alkaen selvästi korkeampi kuin pintakerroksissa (kuva 12). Lämpimien vesien vaikutus oli vielä havaittavissa pisteillä 32 ja 40 (kuva 13). Lämpimän veden on todettu kulkeutuneen Svartbäckinselän eteläisimpiin (piste 48) ja pohjoisimpiin (pisteet 97 ja 27) osiin saakka.

Penttisen (1989) mukaan jäähdytysveden vaikutukset rajoittuvat kesäaikana purkupaikan lähialueille (< 1 km) ja niiden merkitys on vähäinen. Talvella alkujäähtyminen tapahtuu merivesitunnelin läheisyydessä. Veden jäähtyessä sen tiheys kasvaa aluksi ja purkuvesi painuu syvyyteen, jossa on sama tiheys kuin jäähdytysvedessä. Purkutunnelin edustalla lämpötila kohoaa yleensä muutaman asteen ja alue pysyy sulana. Klobbuddenin kohdalla (piste 40) lämpötila kohoaa tyypillisesti noin kaksi astetta 4 – 5 metrin paksuisessa kerroksessa 15 metrin syvyydessä. Noin viiden kilometrin päässä purkupaikasta, Kalvön saaren kohdalla (piste 48), lämpötila kohoaa alle yhden asteen 15 – 20 metrin syvyydessä. Illvardenin saaren luona, noin kahden kilometrin päässä purkupaikasta pohjoiseen lämpötila kohoaa vielä lievästi. Talvella lämpövaikutus ulottuu siis koko Svartbäckinselälle 10 – 20 metrin syvyydessä ja tällä syvyydellä oleva pohja-alue lämpimää (kuva 14).

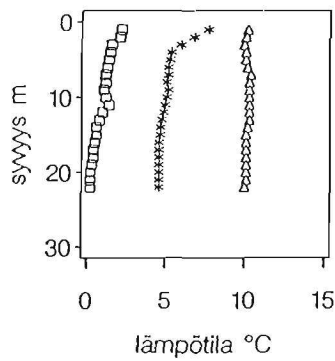
Illvarden, koillinen 27



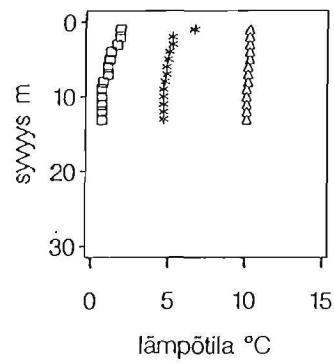
Illvarden, kaakko 97



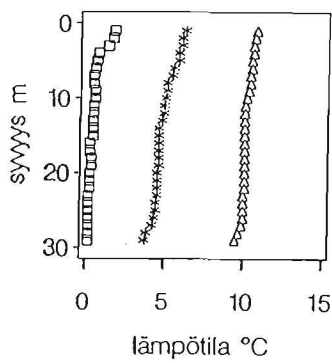
Porvoo 32



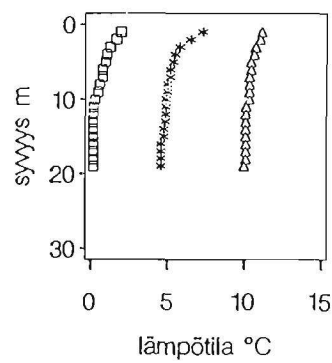
Sköldvikin ed. 33



Porvoo 40

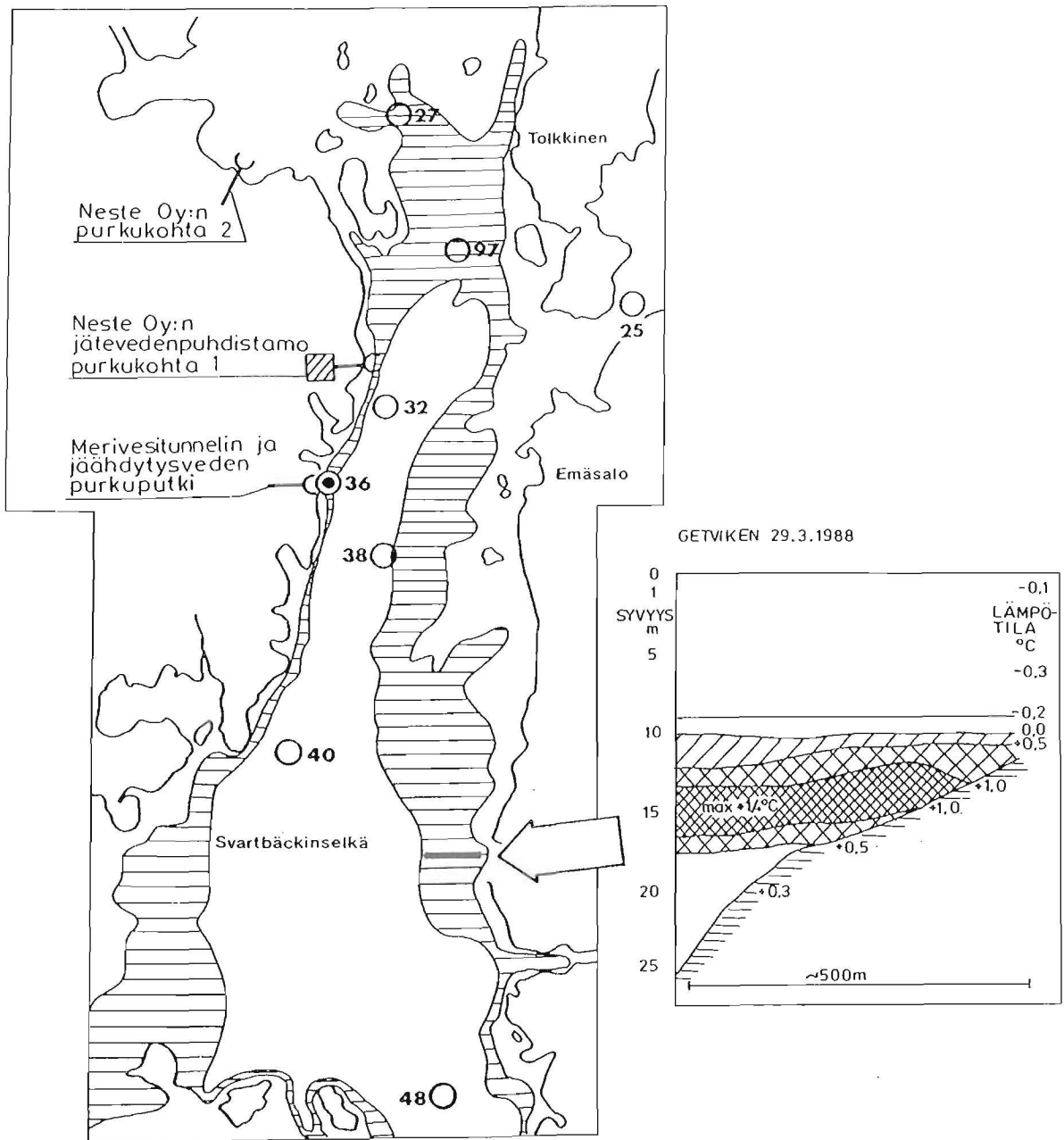


Sköldvikin ed. 38



□ □ □ huhtikuu   \* \* \* toukokuu   △ △ △ lokakuu

Kuva 13. Veden lämpötila Svarbäckinselällä v. 1991.



Kuva 14. Talvella lämpiävä pohja-alue Svartbäckinselällä (10 – 20 m) ja profiilikuva lämpiämisestä (Penttinen 1989).

Veden lämpötilan kohoaminen kiihdyttää bakteeritoimintaa ja orgaanisen aineen hajoamista, jolloin happitilanne voisi vesistössä huonontua. Happitilanne on kuitenkin ollut melko hyvä Svartbäckinselän syvänteissäkin, joten jäähdytysvesillä ei ole tässä suhteessa ollut merkitystä esimerkiksi kalojen viihtymiseen (Talsi 1987). Penttisen (1989) mukaan lämpökuormituksen mahdollisia vaikutuksia ovat kalojen käyttäytymisessä havaittavien muutosten ohella pohjan lämpenemisestä johtuva eliöstön muuta aluetta korkeampi aktiivisuus ja ehkä poikkeava eliöstö.

Jokivesien leviäminen talvella jään alla velvoitetarkkailun uloimmille havaintopaikoille saakka näkyi hyvin vuonna 1991 (kuva 15) sähkönjohtavuusarvoissa. Vielä Emäsalon itäpuolellakin (piste 5) pintaveden sähkönjohtavuus oli alhaisempi kuin syvemmissä vesikerroksissa. Toukokuun ja elokuun havaintokerroilla Porvoonjoen suulle (piste 20) oli virrannut merivettä. Vuosittain ja havaintokerroittain tulokset kuitenkin vaihtelevat suuresti virtauksista, tuulista ja jääpeitteestä johtuen.

#### 4.2.2 Happi

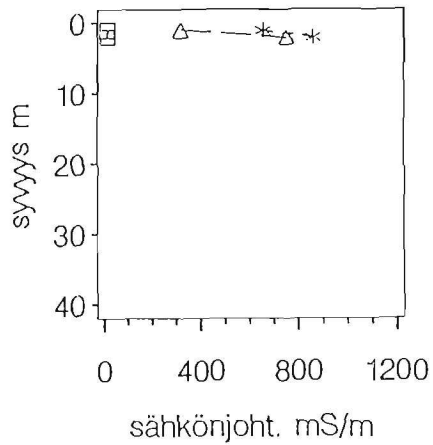
Vuosien 1985 – 1991 happitilanne oli heikoin matalalla Stensbölenselällä (taulukko 2). Alueella havaittiin alle 4 mg/l happipitoisuuksia kevättalvella 1986 ja 1987. Viimeisten kolmen vuoden aikana hapen kyllästysprosentti on ollut keväällä 80 – 90 %:n luokkaa, mikä johtunee edullisista sääoloista. Lauhojen talvien seurauksena jääpeitteinen aika oli lyhyt. Kesällä voimakas perustuotanto aiheuttaa usein hapen ylikyllästystä Stensbölenselällä. Happitilanne on säilynyt suunnilleen samanlaisena 1970-luvulta lähtien.

Porvoonjoen suulla (p. 20) ja Haikonselällä happitilanne on ollut kohtalaisen hyvä kevättalvella. Kesällä esiintyy ajoittain hapen ylikyllästystä. Happitilanne on lievästi parantunut 1960- ja 1970-lukujen tasosta. Emäsalonselällä (piste 10) tilanne on ollut samantyyppinen kuin Haikonselällä. Happitilanteessa ei ole tapahtunut merkittävää muutosta 1970-lukuun verrattuna (kuvat 16 – 17).

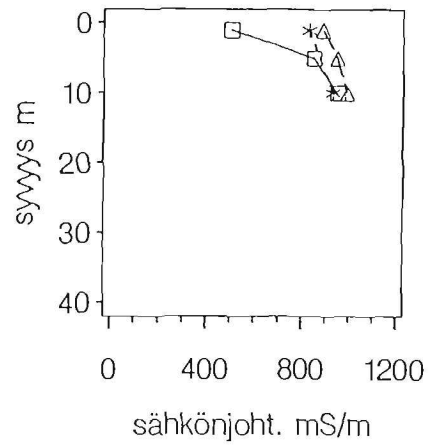
Taulukko 2. Keskimääräisiä hapen kyllästysarvoja Porvoon edustan merialueella v. 1985 – 1991

Havaintopaikka	Happi kyll.%, talvi			Happi kyll.%, elokuu		
	keskia.	min.	max.	keskia.	min.	max.
Stensbölenselkä 16	50	5	89	125	108	148
Svinö, luode 20	78	62	94	89	69	122
Haikonselkä 22	78	52	93	95	66	149
Haikonselkä 12	84	49	95	92	66	127
Emäsalonselkä 10	82	54	95	88	39	148
Orrenkylänselkä 8	84	47	97	78	28	117
Emäsalo, itä 5	88	58	99	82	45	108
Emäsalonselkä 24	53	8	95	133	100	308
Kuggsund 25	81	53	98	78	31	139
Illvarden, koillinen 27	82	59	99	89	56	109
Illvarden, kaakko 97	83	70	95	89	58	105
HEVY-11 Porvoo 32	83	63	98	87	46	107
Sköldvikin ed. 33	82	64	97	93	70	105
Sköldvikin ed. 36	87	56	105	91	67	103
Sköldvikin ed. 38	85	62	97	91	61	103
HEVY-12 Porvoo 40	84	61	99	86	52	107
HEVY-13 Porvoo 48	86	63	100	83	48	109

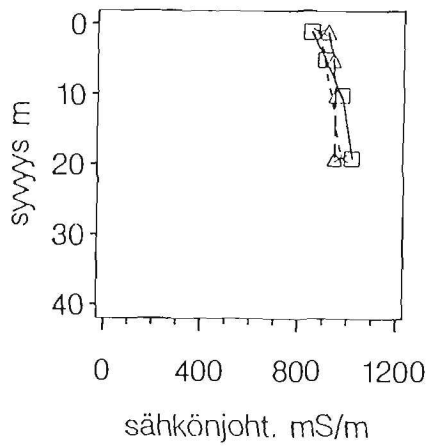
Svinö, luode 20



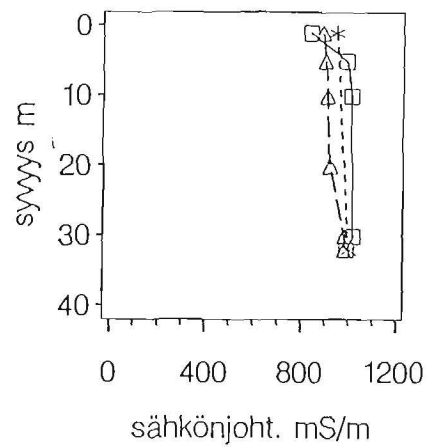
Emäsalonselkä 10



Sköldvikin ed. 38



Emäsalo, itä 5



□□□ huhtikuu    \*-\*-\* toukokuu    △-△-△ elokuu

Kuva 15. Sähkönjohtavuusarvoja (mS/m) Porvoon edustan merialueella v. 1991.



Koddervikenin matalalla lahdella (Emäsalonselkä 24, taulukko 2) on esiintynyt selvää hapenvajausta kevättalvisin kolmea viimeistä vuotta lukuunottamatta. Edullisten sääolojen vaikutus on täälläkin ollut ilmeinen. Talviset happikadot olivat alueella tavallisia Tolkkisten sellutehtaan toiminnan aikana. Tilanne on sittemmin jonkin verran parantunut, mutta sellutehtaan aikana alueelle kertyneistä sedimenteistä vapautuvien ravinteiden ja happea kuluttavien aineiden sekä Porvoon maalaiskunnan jätevesien ja Tolkkisten sahan vaikutukset heikentävät Koddervikenin suulla happitilannetta. Perustuotanto kohosi alueella selvästi sellutehtaan lopetettua toimintansa ja kesäisin hapen ylikyllästystila on ollut yleinen. Elokuussa 1987 perustuotanto oli alueella erittäin suuri ja hapen kyllästysprosentti nousi yli 300 %:n.

Kuggsundetissa (piste 25, taulukko 2) happitilanne on ollut jo melko hyvä. Kesäisin alueen pintavesissä esiintyy ajoittain hapen ylikyllästystila ja kevättalvisin kolmea viimeistä vuotta lukuunottamatta lievähköä hapenvajausta (30 – 50 %). Tilanne on kuitenkin selvästi parantunut 1970-lukuun verrattuna, jolloin sellutehtaan jätevesien vaikutus oli selvä ja hapenvajaus suuri.

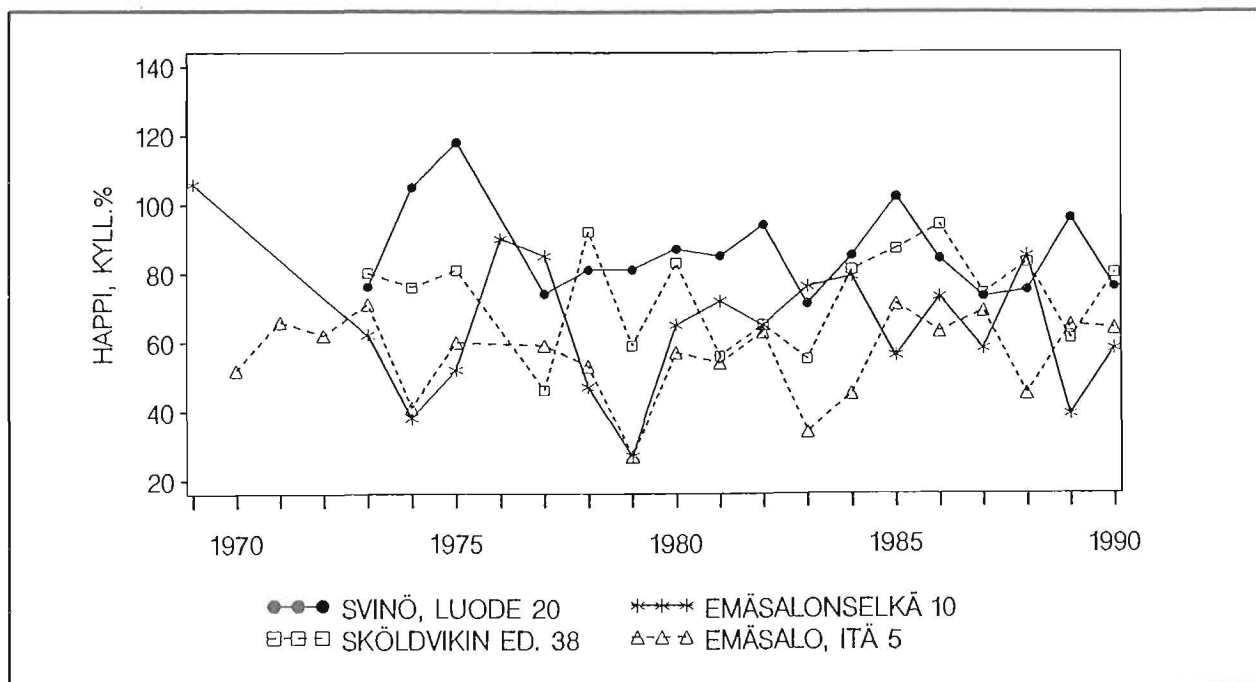
Svartbäckinselän pohjoisosassa (Illvarden 97 ja 27, taulukko 2) happitilanne on myös ollut melko hyvä. Mustijoen vaikutus on ollut vain lievä. Jokivedet vaikuttavat vielä Svartbäckinselän keskiosissa (pisteet 32, 33, 36 ja 38, taulukko 2, kuvat 16 – 17). Alueella esiintyi jakson 1985 – 1991 alkupuolella lievää happivajausta kevättalvella jään alla. Kesällä alueella esiintyi ajoittain lievää ylikyllästystä. Nesteen jätevesillä ja lämpökuormituksella ei ilmeisesti ole ollut ainakaan kovin suurta merkitystä alueen happitilanteeseen.

Svartbäckinselän eteläosissa Klobbuddenin ja Kalvön välisellä alueella (pisteet 40 ja 48, taulukko 2) jäte- ja jokivesien vaikutukset happitilanteeseen ovat olleet vähäisiä. Kevättalvella on esiintynyt jonkin kerran lievää hapenvajausta jään alla 1980-luvun puolivälissä, mutta pohjan lähellä (n. 30 ja 40 metrin syvyydessä) vajausta ei yleensä ole ollut havaittavissa. Syvänteissä on esiintynyt lievähköä hapenvajausta kesäkerrostuneisuuden aikana.

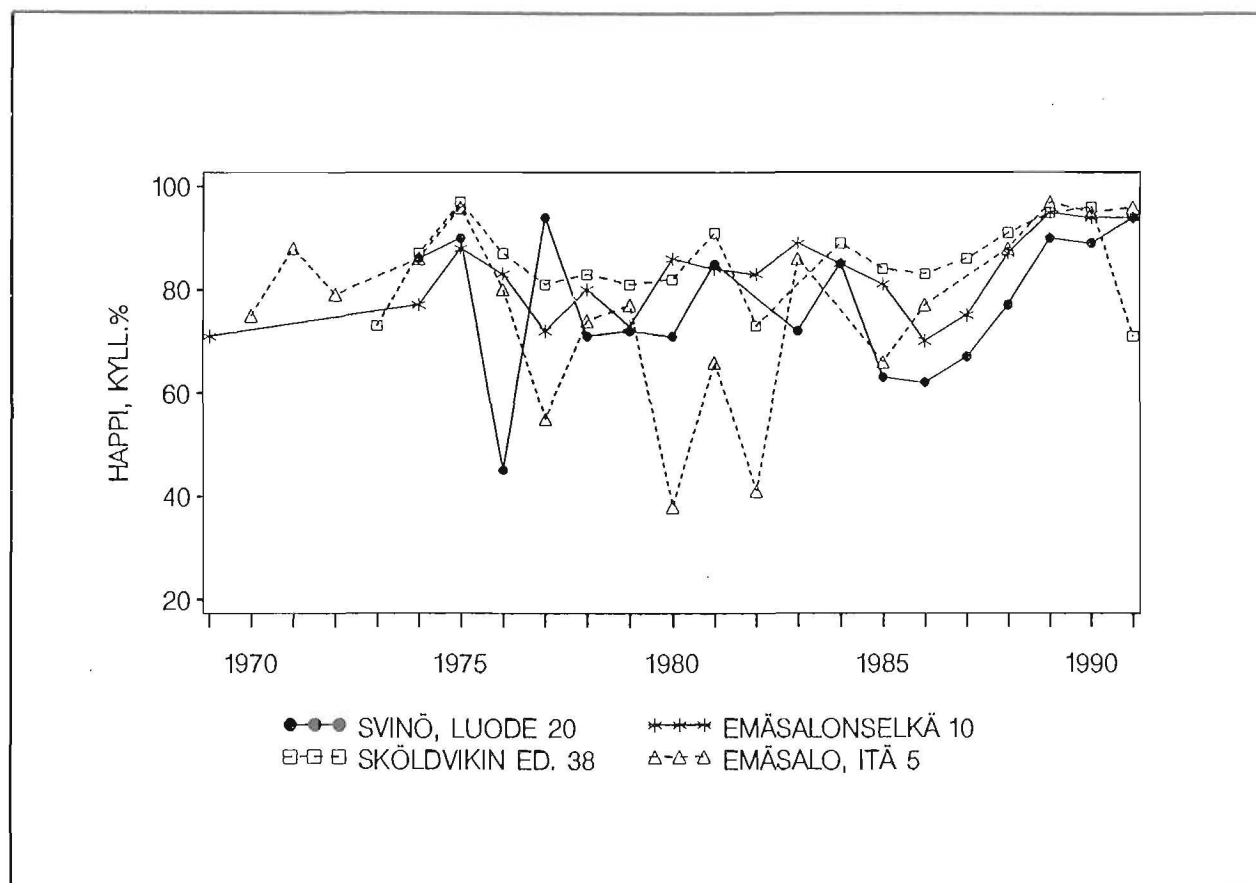
Orrenkylänselällä (piste 8, taulukko 2) happitilanne on ollut samantyyppinen kuin Svartbäckinselän keski- ja eteläosissa. Pohjanläheisessä kerroksessa (n. 30 metrin syvyydessä) hapenvajaus on ollut kesäkerrostuneisuuden aikana kuitenkin selvempi kuin Svartbäckinselällä. Talvella jokivesien vaikutus on myös ollut selvemmin havaittavissa pintavedessä kuin Svartbäckinselällä. Vuosina 1989 – 1991 jokivedet eivät vaikuttaneet happitilanteeseen kevättalvella. Emäsalon itäpuolella (p. 5) tilanne on ollut samansuuntainen (taulukko 2, kuvat 16 – 17).

#### 4.2.3 Ravinteet

Typen ja fosforin pitoisuuksia Porvoon edustan merialueella on seurattu 1970-luvulta lähtien. Jokivesien, erityisesti Porvoonjoen, merkitys alueen ravinnekuormittajana on ylivoimainen. Svartbäckinselkää rehevöittävät kuitenkin myös Nesteen öljynjalostamon runsaasti typpeä sisältävät jätevedet. Viime vuosina typpikuormitus on alueella voimakkaasti vähentynyt. Jätevesien vaikutus korostuu kesäaikana, jolloin jokien tuoma kuormitus on pieni. Runsasvetisinä aikoina lumen sulamisen aikaan ja syksyllä jokivesien kuormitus on taas suurimmillaan. Penttisen (1980, 1983) mukaan typpi on yleensä ollut perustuotantoa rajoittava tekijä Svartbäckinselällä.



Kuva 16. Hapen kyllästysarvoja pohjan lähellä elokuussa Porvoon edustan merialueella v. 1969 – 1991.



Kuva 17. Hapen kyllästysarvoja pohjan lähellä talvella Porvoon edustan merialueella v. 1969 – 1991.

Suurin kuormitus tulee Porvoonjoen suulle ja ravinnepitoisuudet ovatkin olleet korkeita. Avovesiaikana pintaveden keskimääräiset kokonaistypen pitoisuudet olivat v. 1980 – 1991 (taulukko 7) jokisuulla 2 000 µg/l, Haikonselällä 750 – 920 µg/l ja Emäsalonselällä sekä Kuggsundin salmassa 680 – 780 µg/l. Svartbäckinselän pohjoisosissa typpeä oli n. 500 µg/l ja Nesteen tuotantolaitosten lähialueilla 480 – 490 µg/l. Öljynjalostamon läheisyydessä (p. 32) typpeä oli enemmän, keskimäärin 530 µg/l. Svartbäckinselän eteläosassa (p. 48) kokonaistyppeä oli keskimäärin 390 µg/l. Orrenkylänselällä typen pitoisuus oli 490 µg/l ja Emäsalon itäpuolella (p. 5) 400 µg/l.

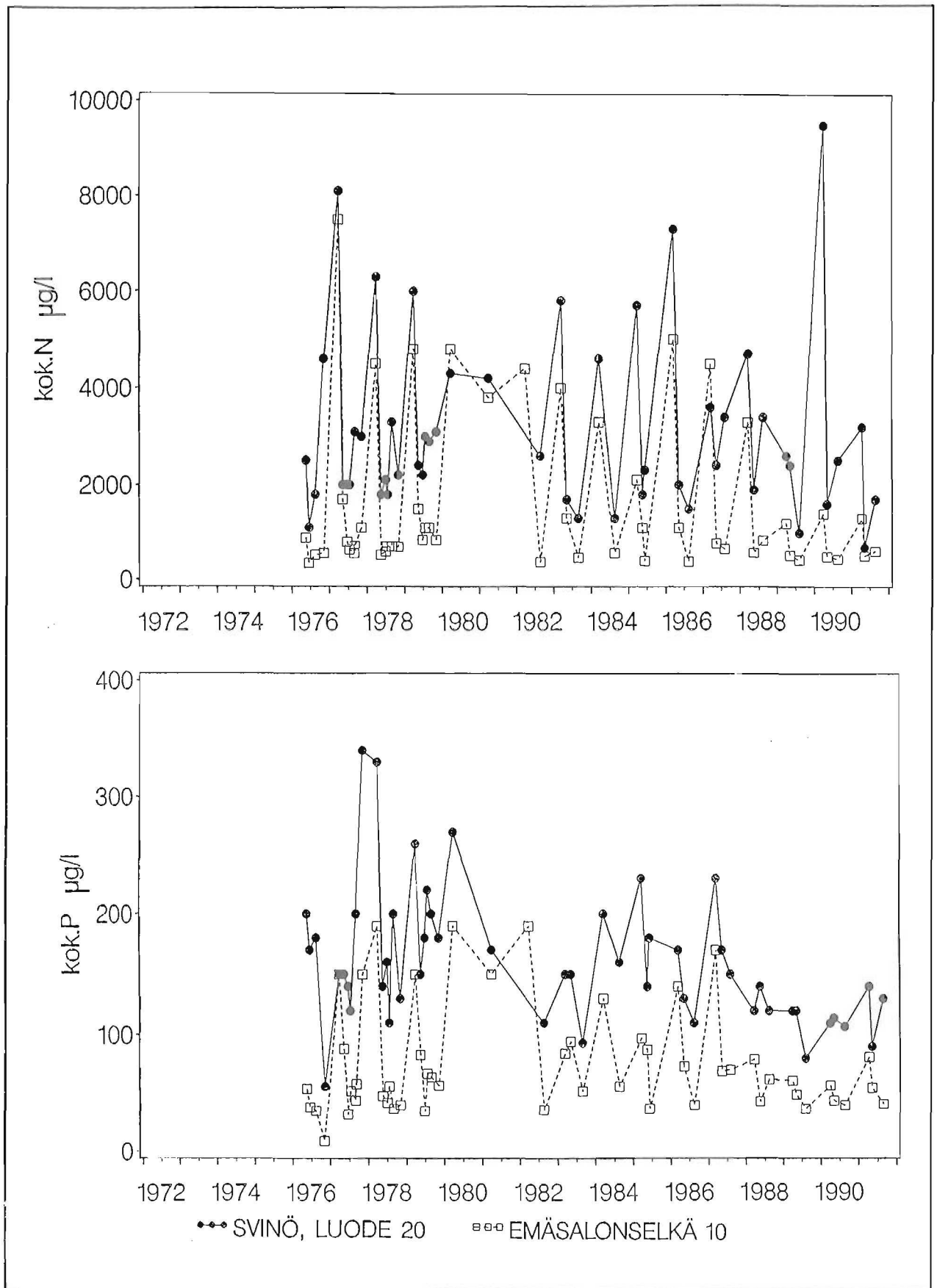
Merialueen tarkkailussa näytteitä on otettu pintaveden ohella syvemmistä vesikerroksista talvella, toukokuussa ja elokuussa. Kokonaistypen pitoisuuksien vaihtelu oli alueella 1970-luvulla yleensä selvästi suurempaa kuin 1980-luvulla (kuvat 18 – 19). Sekä typen että fosforin pitoisuudet ovat yleensä olleet suurimmillaan pintavesissä talven ja varhaiskevään aikana jokivesien vaikutuksesta. Viime vuosien lähes jättömät talvet ovat ilmeisesti vaikuttaneet ravinnepitoisuuksiin, jotka ovat olleet aikaisempaa alhaisempia. Vuosina 1977 – 1979 typpipitoisuudet olivat selvästi korkeammalla tasolla kuin muulloin lähes koko alueella. Ilmiö liittyyneen kuitenkin näytteiden analyysimenetelmiin.

Ammoniumtypen keskimääräinen osuus kokonaistypestä oli v. 1980 – 1991 (Oy Vesi-Hydro Ab 1992) suurimmillaan Porvoonjoen suulla (8 %). Svartbäckinselän keskiosissa Nesteen kuormitus kohotti hieman ammoniumtypen osuuksia. Eniten nitraattityppeä oli Porvoonjoen suulla, Haikonselällä ja Emäsalonselällä Kuggsundin salmeen saakka (17 – 56 % kokonaistypestä). Svartbäckinselän pohjois- ja keskiosissa keskimääräinen nitraattitypen osuus oli v. 1980 – 1991 10 – 13 %. Uloimmilla havaintopaikoilla ja Orrenkylänselällä nitraattitypen osuus oli 5 – 9 % kokonaistypestä.

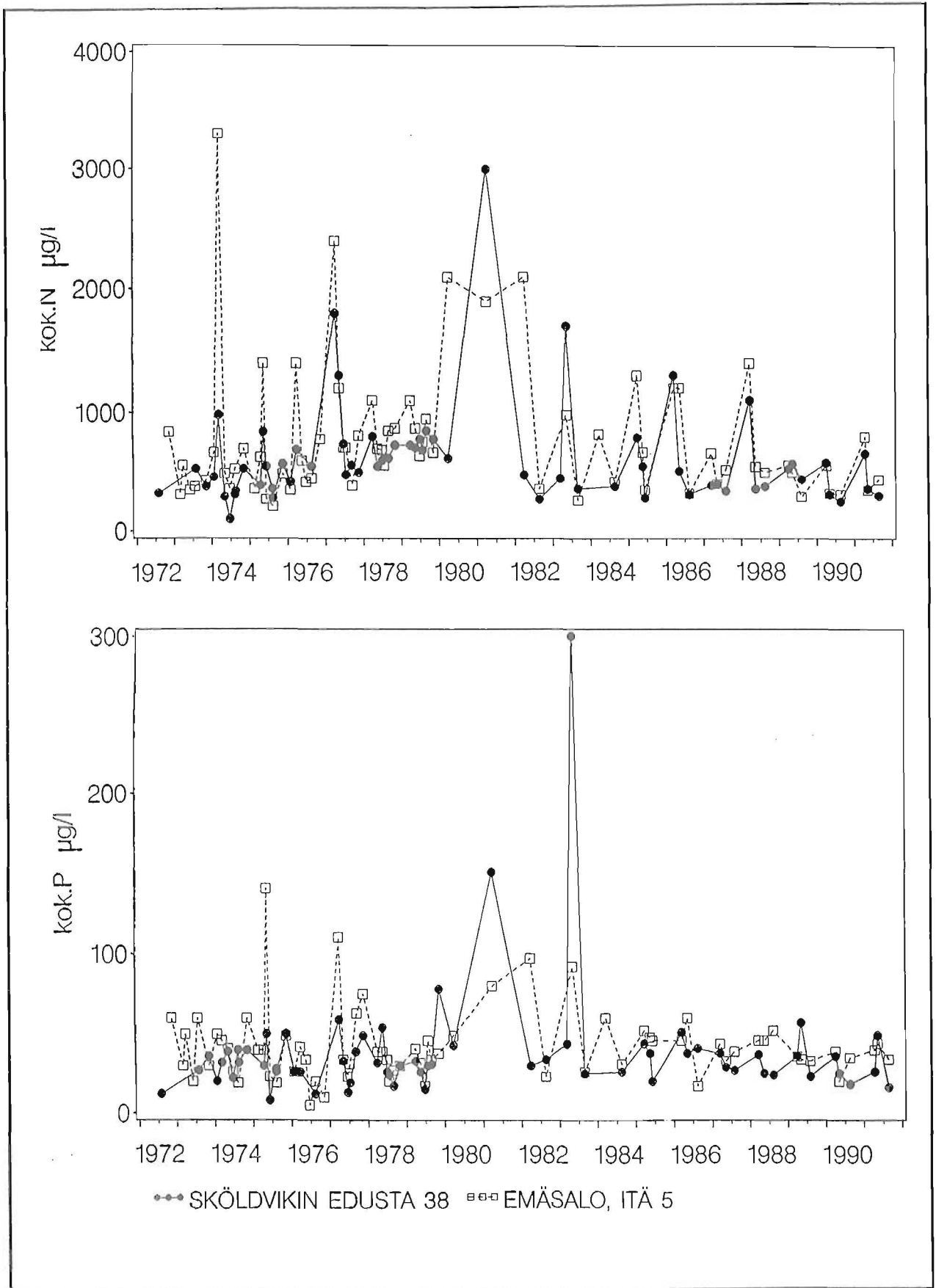
Pintaveden keskimääräiset ammoniumpitoisuudet vaihtelivat vuosittain eri havaintopaikoilla (kuva 20), mutta mitään selkeää koko alueen kattavaa muutosta ei voi havaita v. 1980 – 1991 aikana. Sen sijaan nitraattitypen pitoisuudet (kuva 21) olivat yleensä aikaisempaa pienempiä koko merialueella v. 1989 – 1991. Porvoonjoen suulla nitraatti- ja ammoniumtypen määrä kuitenkin näytti kohonneen 1980-luvun alusta.

Kokonaisfosforipitoisuudet pienenevät samoin kuin typen määräkin Porvoonjoen suulta merelle päin. Keskimääräiset fosforipitoisuudet avovesiaikana v. 1980 – 1991 (taulukko 7) olivat jokisuulla 137 µg/l, Haikonselällä 61 – 81 µg/l, Emäsalonselällä ja Kuggsundissa 52 – 57 µg/l. Koddervikenin edustalla (p. 24) fosforin määrä oli jätevesien vaikutuksesta selvästi korkeampi (88 µg/l) kuin ulompana Emäsalonselällä. Svartbäckinselän pohjoisosissa ja öljysataman edustalla fosforia oli 43 – 46 µg/l. Svartbäckinselän keskiosissa sekä Orrenkylänselällä fosforia oli 35 – 38 µg/l. Uloimmilla havaintopaikoilla (p. 5 ja 48) fosforia oli keskimäärin 30 µg/l.

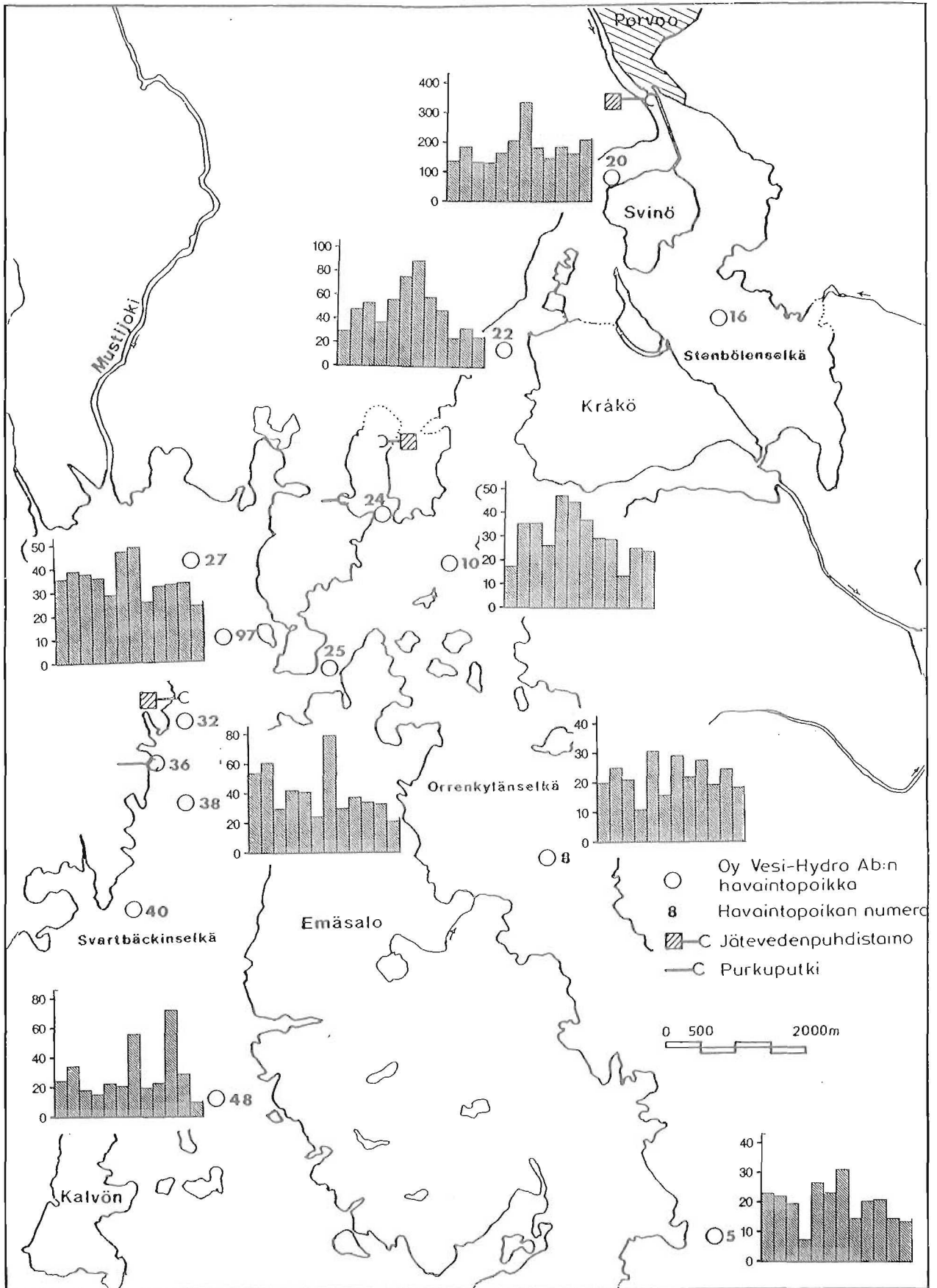
Merialueen fosforipitoisuuksien vaihtelu väheni 1980-luvulla (kuvat 18 – 19) samoin kuin typen osalta edellä todettiin. Alusvedessä (kuvat 22 – 24) fosforipitoisuudet olivat yleensä korkeimmillaan kevättalven ja loppukesän kerrostuneisuuskausina. Myös pohjan happitilanteen huononeminen näkyi kohonneina fosforipitoisuuksina (esim. p. 5, kuvat 23 ja 17) 1980-luvun alussa. Porvoonjoen suulla (p. 20, kuva 18) fosforin määrä näyttäisi laskeneen 1980-luvun loppupuolella, mutta muualla merialueella merkittäviä muutoksia ei tämän tarkastelun perusteella voi havaita. Keskimääräiset pintaveden fosfaattifosforin pitoisuudet v. 1980 – 1991 vaihtelivat vuosittain selvästi. Pitoisuudet olivat 1980-luvun loppupuolella laskusuunnassa, mutta v. 1991 fosfaattifosforin määrä kasvoi (kuva 25).



Kuva 18. Kokonaistypen (kok.N  $\mu\text{g/l}$  ja kokonaisfosforin (kok.P  $\mu\text{g/l}$ ) pitoisuudet pintavedessä (1 m) Porvoonjoen suulla (Svinö, luode 20) ja Emäsalonselällä (p. 10) v. 1976 – 1991.



Kuva 19. Kokonaistypen (kok.N  $\mu\text{g/l}$ ) ja kokonaisfosforin (kok.P  $\mu\text{g/l}$ ) pitoisuudet pintavedessä (1 m) Sköldvikin edustalla (p. 38) ja Emäsalon itäpuolella (p. 5) v. 1972 – 1991.



Kuva 20. Ammoniumtyypen ( $\text{NH}_4$ ) keskimääräisiä pitoisuuksia ( $\mu\text{g/l}$ ) pintavedessä (0 - 2 m) Porvoon edustan merialueella avovesiaikana v. 1980 - 1991.

Yhteenvedona voisi todeta, että liukoisten ja kokonaisravinteiden pitoisuuksien perusteella arvioituna Porvoon edustan merialueen tila parani lievästi 1980-luvun loppupuolelta lähtien. Kehitys saattaa kuitenkin olla seurausta poikkeuksellisista sääoloista.

#### 4.2.4 Haitalliset aineet

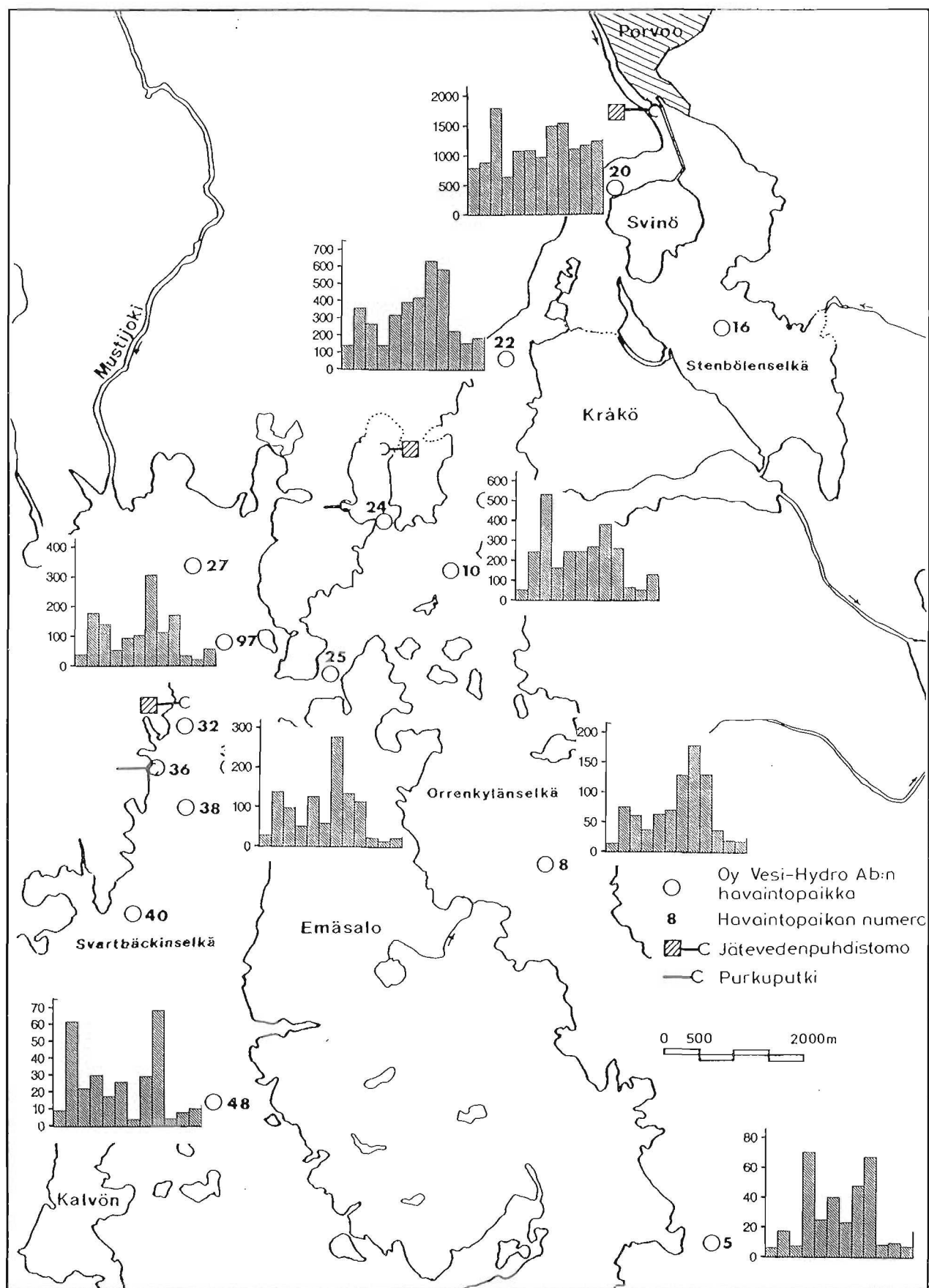
Öljynjalostamon jätevedet johdetaan puhdistamon kautta Svartbäckinselälle. Jätevesien vaikutuksia on seurattu jalostamon lähialueilla velvoitarkkailun yhteydessä 1970-luvulta lähtien. Öljypitoisuudet olivat suurimmillaan 1970-luvun alussa ja vähenivät sen jälkeen selvästi (Talsi 1987). 1980-luvulla öljypitoisuudet jäivät muutamia poikkeuksia lukuunottamatta mittaustarkkuuden ( $<100 \mu\text{g/l}$ ) rajoille (Talsi 1987, taulukko 3). Korkeita öljypitoisuuksia havaittiin v. 1984 (Talsi 1987) ja vuosina 1987 ja 1989 (taulukko 3). Korkeat pitoisuudet johtuivat ilmeisesti häiriöistä jätevedenpuhdistamolla tai laivojen öljypäästöistä. Fenolipitoisuudet ovat myös yleensä olleet pieniä (Talsi 1987, taulukko 3). Öljyn ja fenolien pitoisuudet ovat yleensä olleet Svartbäckinselällä niin vähäisiä, etteivät ne ole aiheuttaneet akuutteja haittoja vesistössä.

Svartbäckinselällä on seurattu öljyn ja fenolien ohella myös muiden orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia vedessä. Kloorattuja hiilivetyjä havaittiin alueella 1970-luvun alkupuolella (Talsi 1987). Muovitehtailta peräisin olevia kloorattuja hiilivetyjä on tutkittu vesistöstä vuodesta 1979 velvoitarkkailun yhteydessä. Näitä herkästi haihtuvia yhdisteitä on ollut hyvin vähän. Vuonna 1979 havaittiin määritystarkkuuden ( $<50 \mu\text{g/l}$ ) ylittäviä kloorattujen hiilivetyjen pitoisuuksia ( $80 - 140 \mu\text{g/l}$ ) merivesitunnelin edustalla (p. 36, Talsi 1987). Vuodesta 1982 lähtien on määritetty vinyylikloridin ja 1,2-dikloorietaanin pitoisuuksia. Vinyylikloridia ei ole havaittu määritystarkkuuden ( $<0,01 \mu\text{g/l}$ ) ylittäviä pitoisuuksia. Dikloorietaania oli v. 1987 määritystarkkuuden ( $<0,02 \mu\text{g/l}$ ) ylittäviä pitoisuuksia merivesitunnelin edustalla (p. 36,  $0,05 - 0,15 \mu\text{g/l}$ ), havaintopaikalla 33 ( $<0,02 - 0,07 \mu\text{g/l}$ ) ja kauempana Svartbäckinselällä (p. 38,  $<0,02 - 0,02 \mu\text{g/l}$ ).

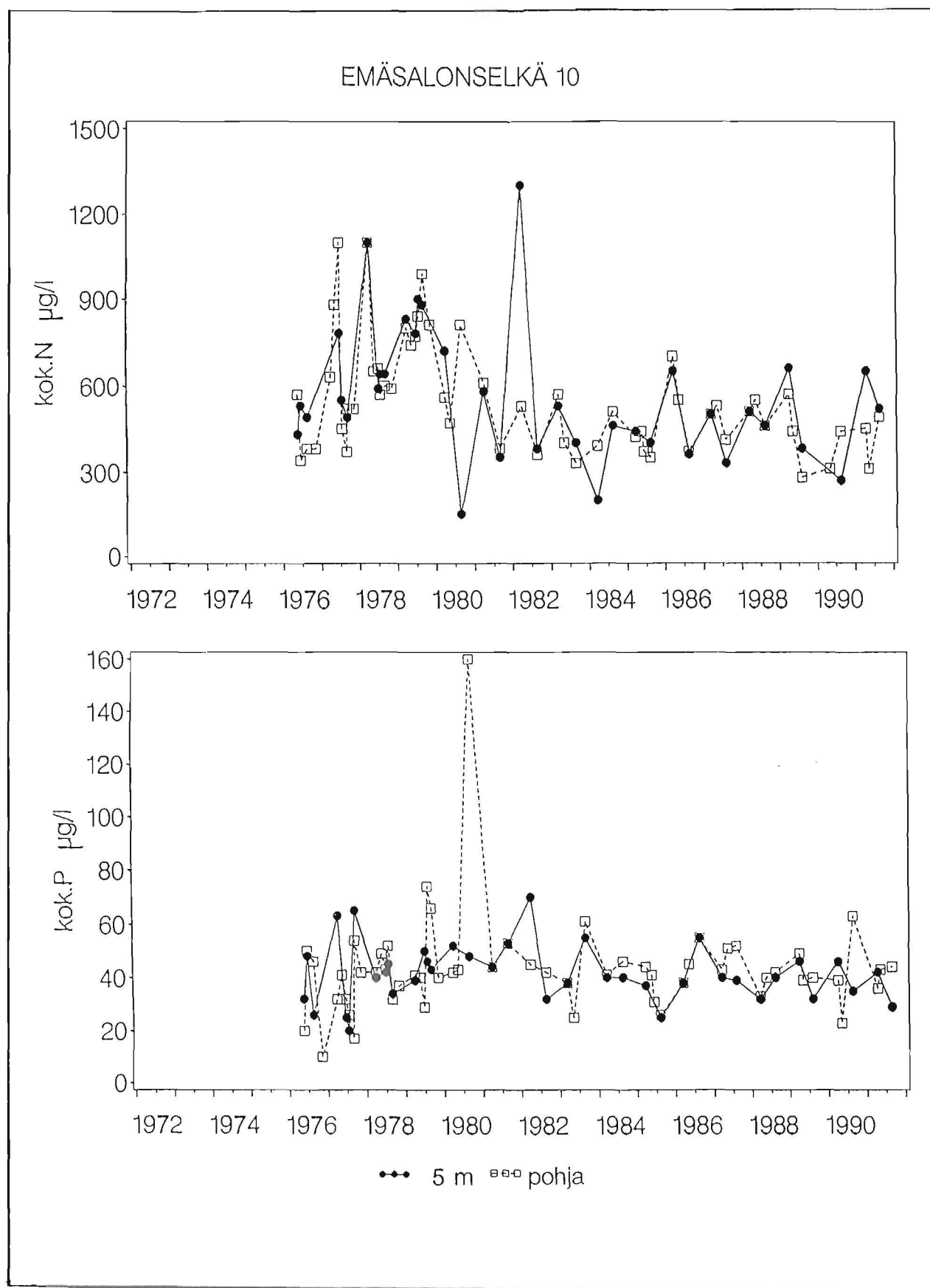
Polyesteri- ja Pehmitinainetuotanto-yksikön (2-P-tuotanto) jätevesien sisältämän dietyyliheksyyliiftalaatin (DOP) pitoisuuksia Svartbäckinselällä on seurattu velvoitarkkailun yhteydessä vuodesta 1978 (Oy Vesi-Hydro Ab v. 1979 - 1991). Pitoisuudet ovat yleensä olleet hyvin pieniä ja määritystarkkuuden ( $<2 \mu\text{g/l}$ ) alarajoilla. DOP:in pitoisuudet ovat vaihdelleet  $<2 - 10 \mu\text{g/l}$ .

Lehtinen tarkasteli kirjallisuustietojen pohjalta kemian tehtailta (Lehtinen 1988) ja öljynjalostamolta sekä petrokemian tehtailta (Lehtinen 1990) ilmaan pääsevien hiilivetyjen merkitystä vesistössä. Lehtisen mukaan ilmapäästöt eivät aiheuta pinta- tai pohjaveden pilaantumisvaaraa. Päästöt ovat yleensä nopeasti ympäristöön leviäviä ja huonosti veteen liukenevia kaasuja. Ilmaan joutuvien orgaanisten happojen, ftaali-fumaari- ja maleiinihapon, kuivalaskeumalla voi sen sijaan olla merkitystä vesistössä.

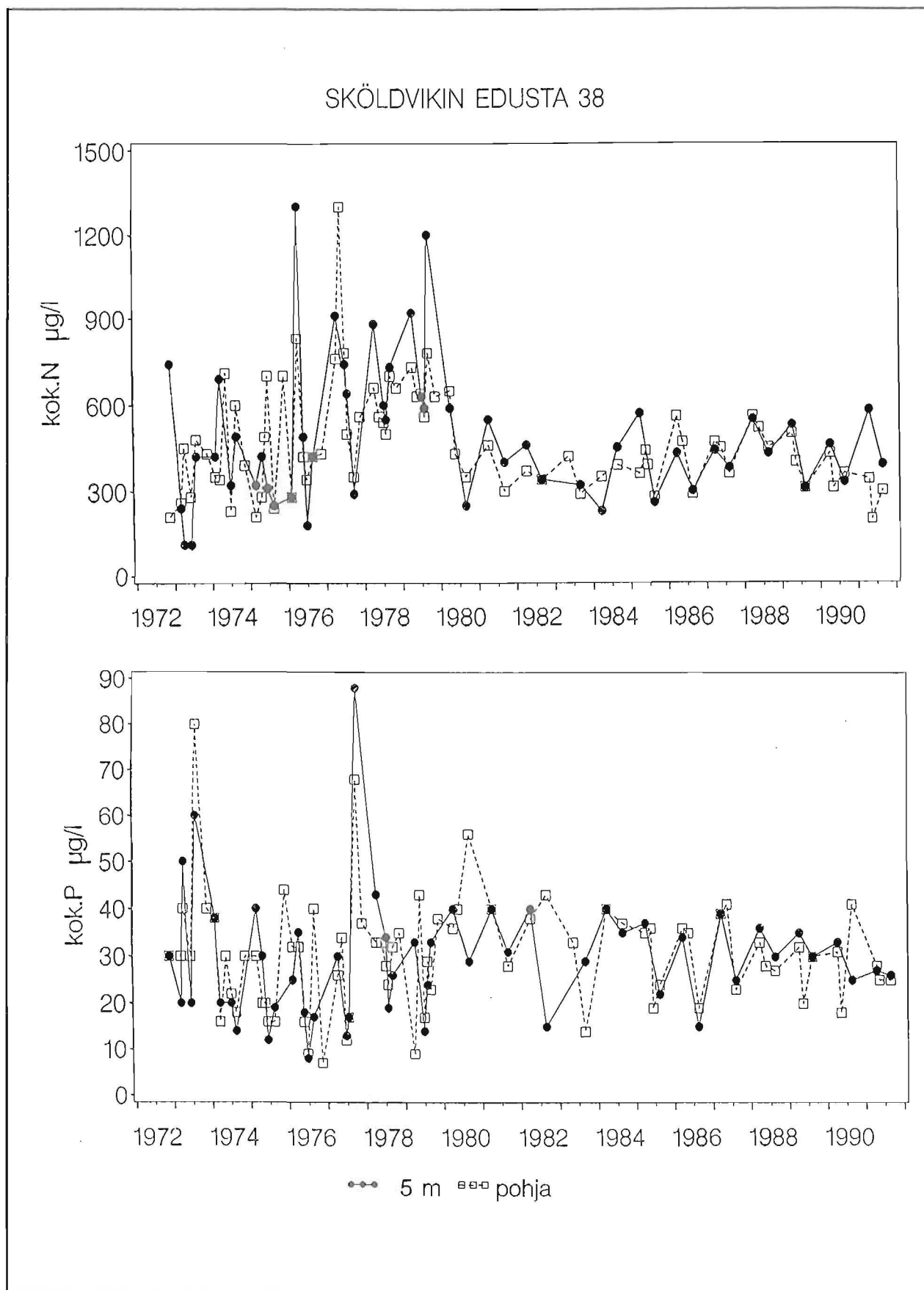




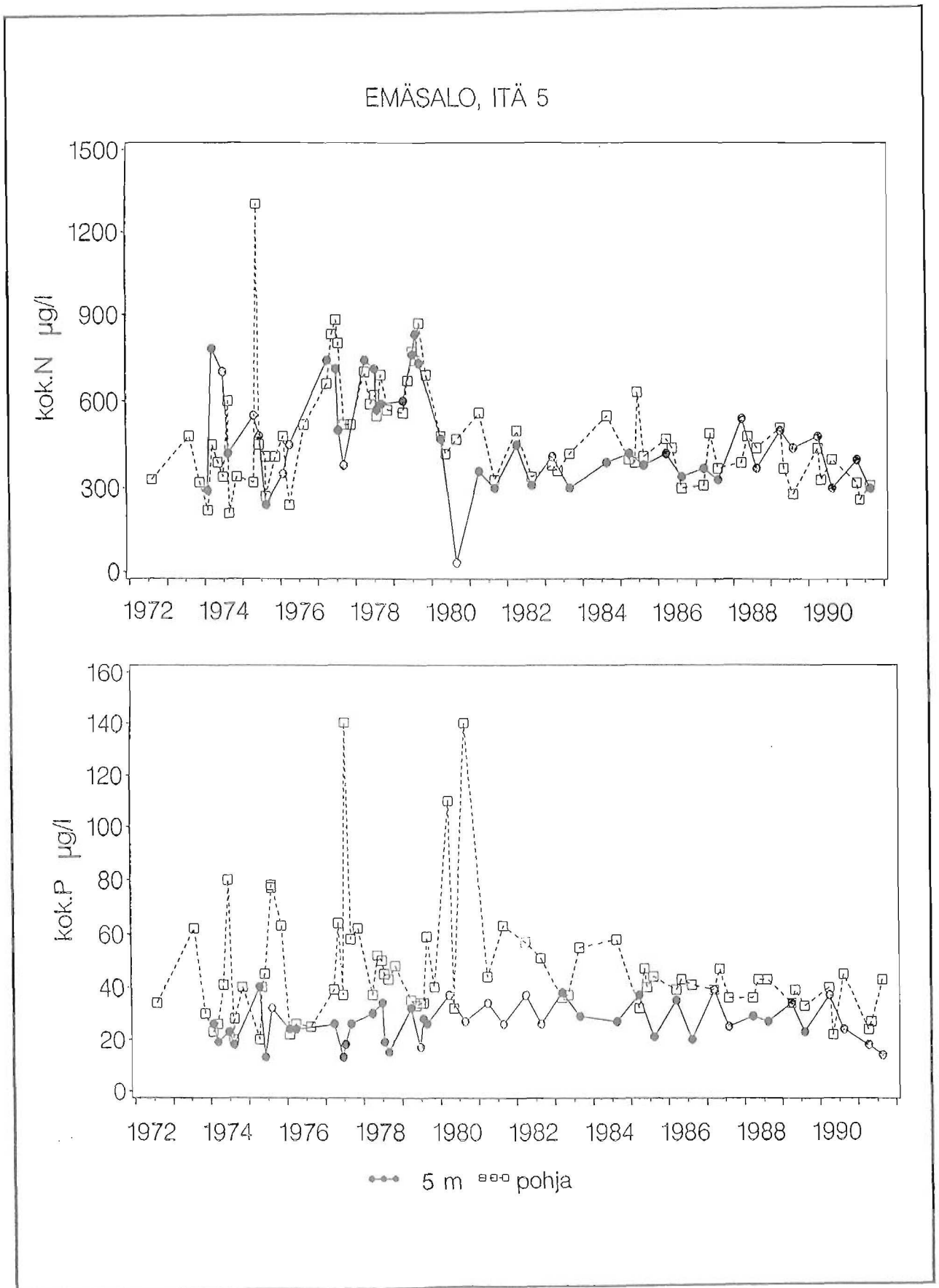
Kuva 21. Nitraattitypen ( $\text{NO}_3$ ) keskimääräisiä pitoisuuksia ( $\mu\text{g/l}$ ) pintavedessä (0 - 2 m) Porvoon edustan merialueella avovesiaikana v. 1980 - 1991.



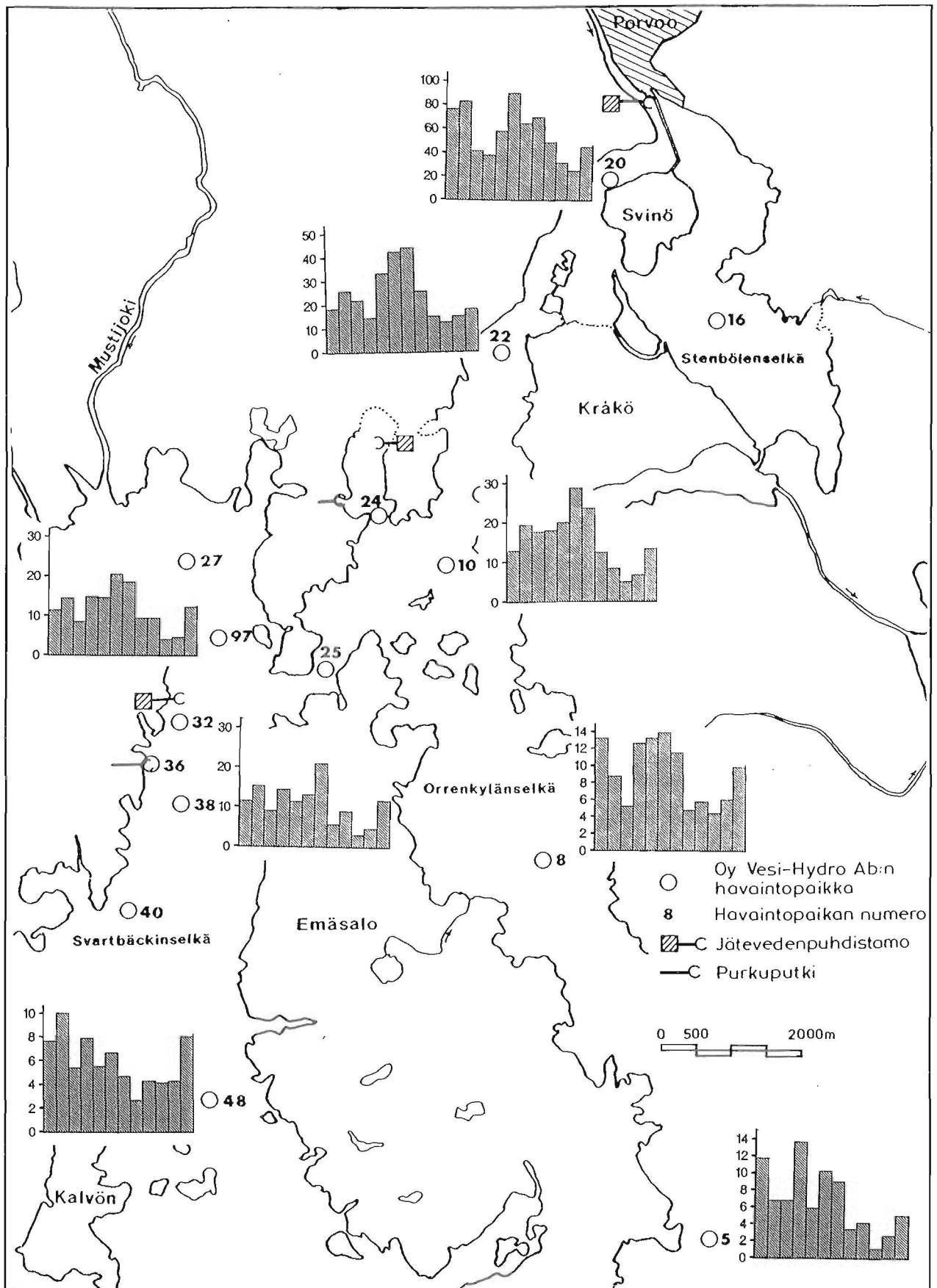
Kuva 22. Kokonaistypen kok.N ( $\mu\text{g/l}$ ) ja kokonaisfosforin (kok.P  $\mu\text{g/l}$ ) pitoisuudet 5 metrin syvyydessä ja pohjan lähellä Emäsalonselällä (p. 10) v. 1972 – 1991.



Kuva 23. Kokonaistypen (kok.N µg/l) ja kokonaisfosforin (kok.P µg/l) pitoisuudet 5 metrin syvyydessä ja pohjan lähellä Sköldvikin edustalla (p. 38) v. 1972 – 1991.



Kuva 24. Kokonaistypen (kok.N  $\mu\text{g/l}$ ) ja kokonaisfosforin (kok.P  $\mu\text{g/l}$ ) pitoisuudet 5 metrin syvyydessä ja pohjan lähellä emäsalon itäpuolella (p. 5) v. 1972 – 1991.



Kuva 25. Fosfaattifosforin ( $\text{PO}_4$ ) keskimääräisiä pitoisuuksia ( $\mu\text{g/l}$ ) pintavedessä (0–2 m) Porvoon edustan merialueella avovesiaikana v. 1980 – 1991.

Taulukko 3. Öljynjalostamon lähialueen tarkkailun öljy- ja fenolipitoisuudet v. 1985 – 1991 (X = keskiarvo, R = vaihteluväli, Oy Vesi-Hydro Ab v. 1985 – 1991)

	Syvyys	1985		1986		1987		1988		1989		1990		1991	
		X	R	X	R	X	R	X	R	X	R	X	R	X	R
Fenolit µg/l	1 m	<10		–		<10		<10–11							
	pohja – 1 m			<10		–									
Öljyt µg/l	1 m			<100		<100–100									
	pohja – 1 m														

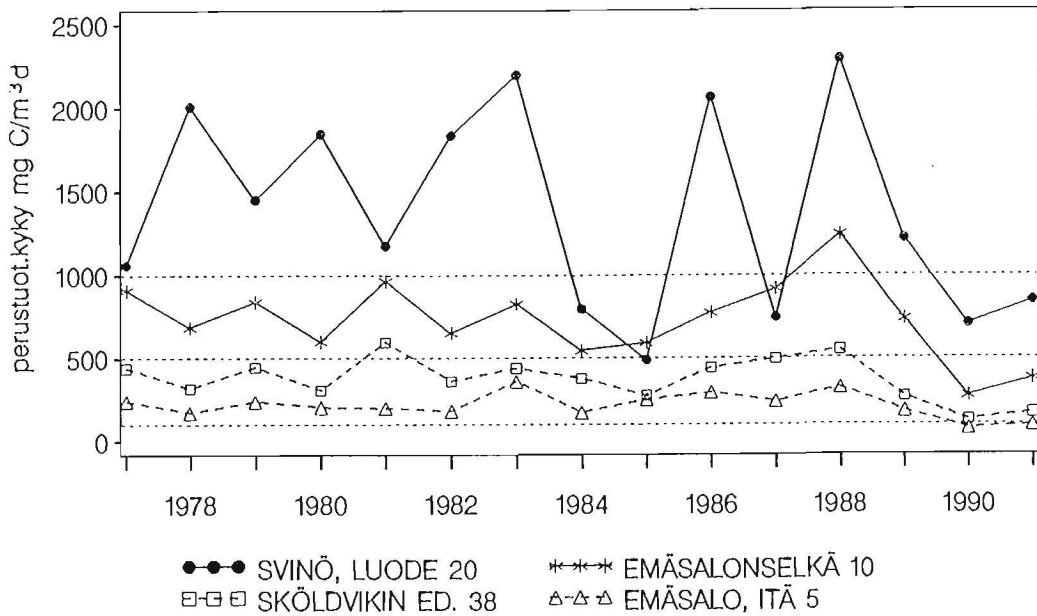
## 4.3 Biologiset tutkimukset

### 4.3.1 Levät

Kasviplanktonin perustuotantokykyä on Porvoon edustan merialueella mitattu 1970-luvun alusta lähtien. Säännöllisiä, 7 – 8 kertaa vuodessa toistuvia, a-klorofylli-mittauksia alueella on tehty vuodesta 1977. 1970-luvulla alueella selvitetiin myös kasviplankton-lajistoa ja -biomassaa (Vesi-Hydro Oy 1974, 1977, Penttinen 1980, Talsi 1987). Kasviplanktonin biomassa-arvojen (v. 1974 keskimäärin alle 5 mg/l) perusteella luokiteltiin Porvoonjoen suu ja sen lähialueet reheviksi. Muualla Porvoon edustalla biomassa oli vuosina 1974 ja 1977 yleensä alhainen keväistä piilevämaksimia lukuunottamatta. Merialueille tyypilliset piilevät (*Diatomae*) ovat yleensä olleet toukokuussa valtalajeina lähes kaikilla havaintopaikoilla. Kevättalvella on esiintynyt pääasiassa viherleviä (*Chlorophyta*). Kesällä 1974 sini- ja viherlevät esiintyivät rehevöityneillä alueilla runsaimpina. Svartbäckinselällä ja Orrenkylänselällä piilevät olivat valtalajeina toukokuussa 1978, kesäkuussa runsaimpina esiintyivät viherlevät (Penttinen 1980). Kesän lopulla biomassa koostui tasaisesti kaikista leväryhmistä. Penttinen (1980) arvioi, ettei sinilevien typensidonta ollut alueella merkittävä typenlähde.

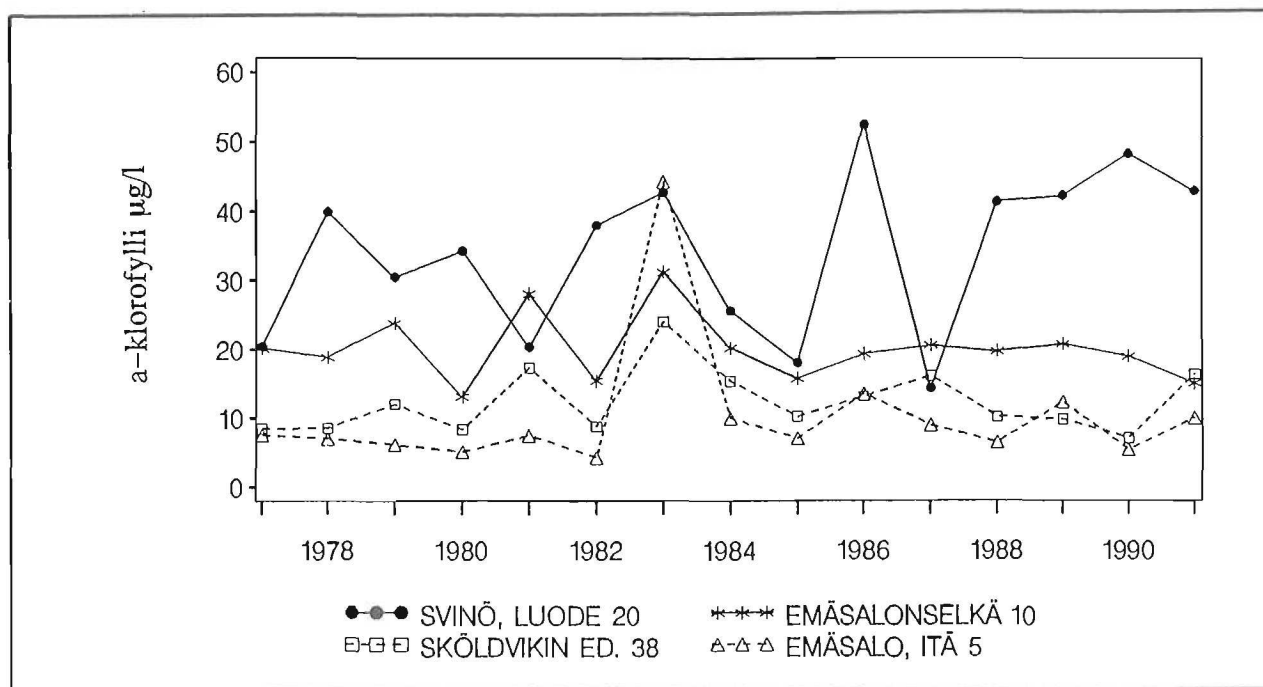
Perustuotantokyvyn ja a-klorofyllin pitoisuuksien perusteella arvioituna ei Porvoon edustan merialueella ole tapahtunut merkittäviä muutoksia 1970-luvulla alkaneen tarkkailun aikana (liite 3, kuvat 26 – 27). Parin viimeisen vuoden aikana keskimääräinen perustuotantokyky on ollut alueella verrattain alhainen, mutta suurta vuosittaista vaihtelua on esiintynyt aikaisemminkin. Öljynjalostamon typpi- ja fosforikuormitus oli v. 1990 ja 1991 selvästi aikaisempaa pienempi (liite 1), mikä saattoi osaltaan vaikuttaa Svartbäckinselällä perustuotantokykyä pienentävästi. Porvoonjoen suulla merialue on ollut Haikonselkää ja Koddervikenin edustaa (Emäsalonselkä 24) myöten erittäin rehevöitynyt (keskim. perustuotantokyky yli 1 000 mgC/m<sup>3</sup>, liite 3). Rehevöityneitä alueita (500 – 1 000 mgC/m<sup>3</sup>) ovat yleensä olleet Emäsalonselkä, Kuggsundet, Rönnskärsundet ja ajoittain myös Svartbäckinselän pohjoisosaa (p. 27 ja 97). Muu tarkkailun piirissä oleva alue voidaan uloimpia havaintopaikkoja myöten luokitella lievästi rehevöityneeksi (100 – 500 mgC/m<sup>3</sup>).

Porvoonjoen suulla (p. 20, kuva 28) levätuotanto oli v. 1988 – 1991 suurinta kesäisin. Emäsalonselällä (p. 10) esiintyi rehevöityneille alueille tyypillisiä loppukesän tuotantohuippuja (kuva 29). Sköldvikin edustalla (38) Svartbäckinselällä ja erityisesti Orrenkylänselän eteläosissa (p. 5) olosuhteet olivat jo selvästi mereiset (kuvat 30 – 31). Perustuotannon kevätmaksimit ovat merialueilla hyvin lyhytaikaisia eikä keväinen näytteenotto aina tapahdu suurimman tuotannon aikana. Vuonna 1983 näytteenotto ajoittui erittäin voimakkaaseen kevätmaksimiin, jolloin poikkeuksellisen korkea a-klorofylli-pitoisuus toukokuussa kohotti vuosikeskiarvon Emäsalon itäpuolella (p. 5, kuva 27) korkeaksi. Perustuotannon suuruus riippuu vuosittain ravinnemäärien lisäksi voimakkaasti sääoloista. Esimerkiksi vuoden 1988 korkeat perustuotantokyvyn arvot johtuivat ilmeisimmin lämpimästä kesästä. Meriveden virtausten suunnan vaihtelut voivat myös vaikuttaa perustuotannon määrään.

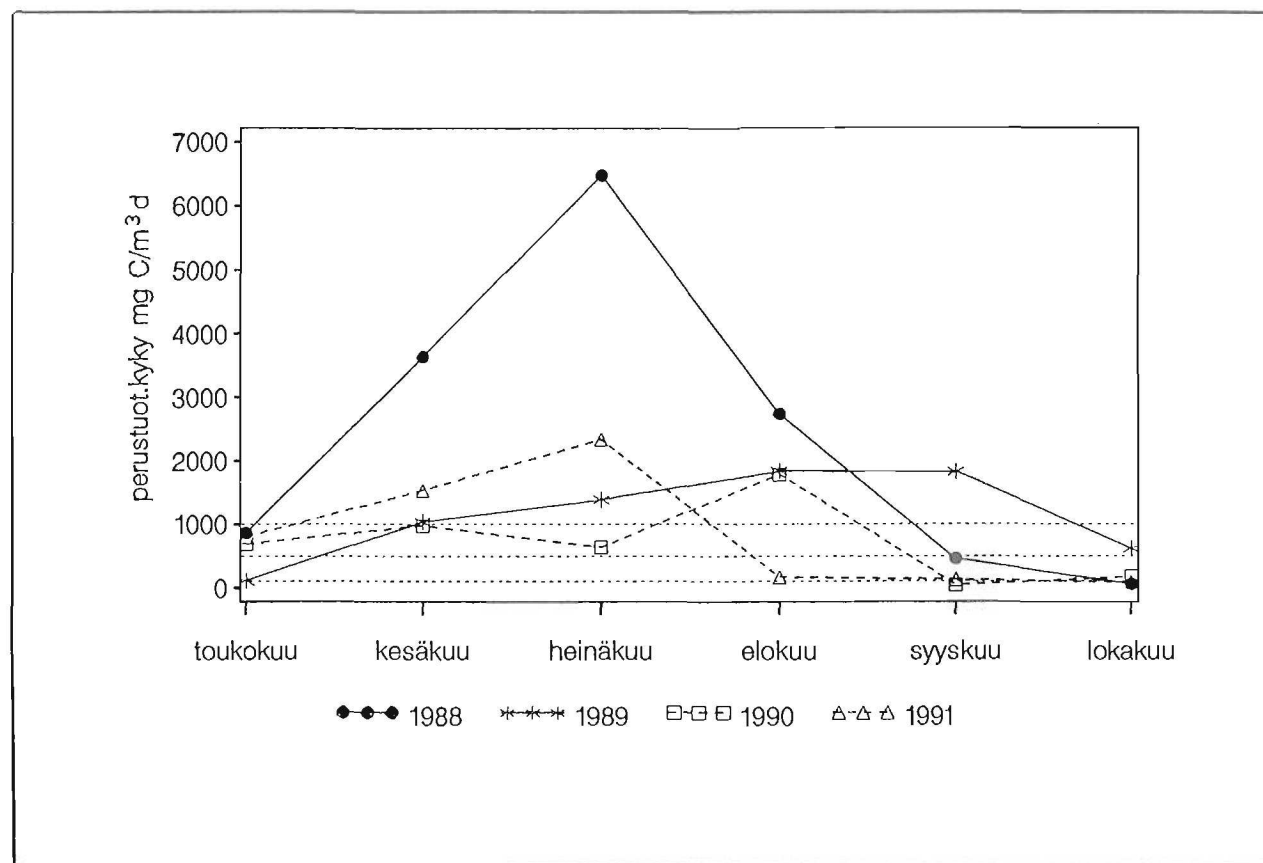


Kuva 26. Keskimääräisiä perustuotantokyvyn arvoja (mg C/m³) Porvoon edustan merialueella v. 1977 – 1991.

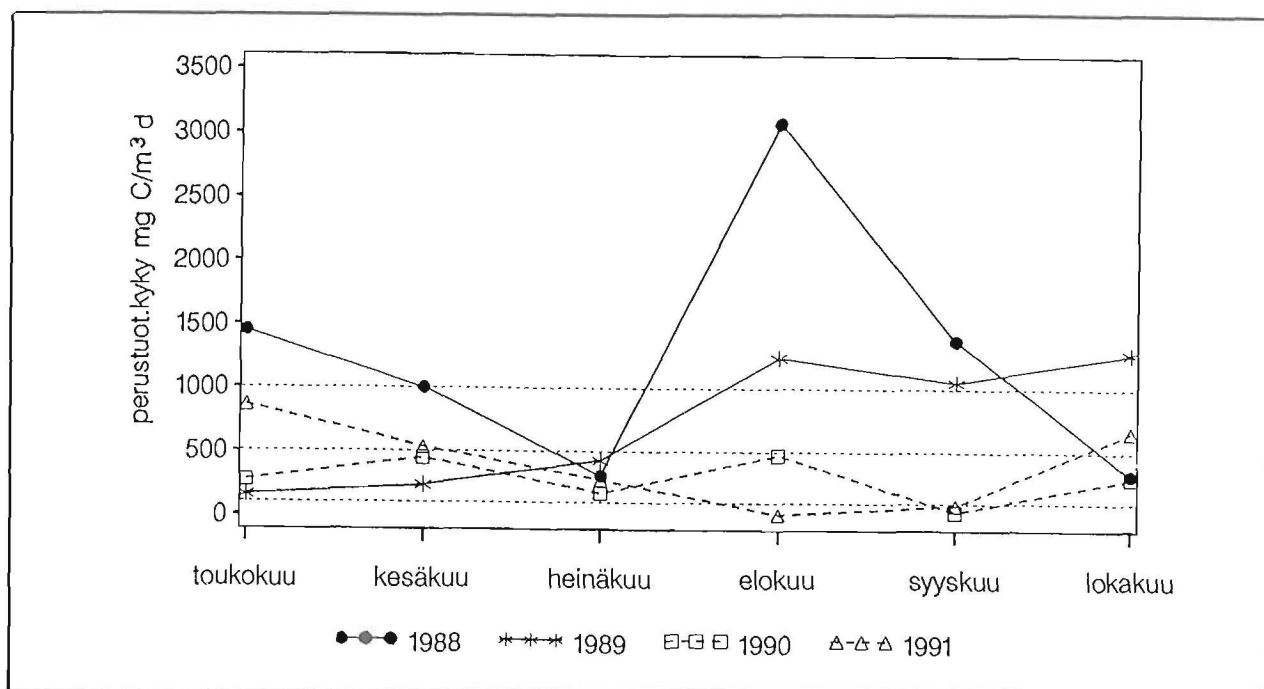




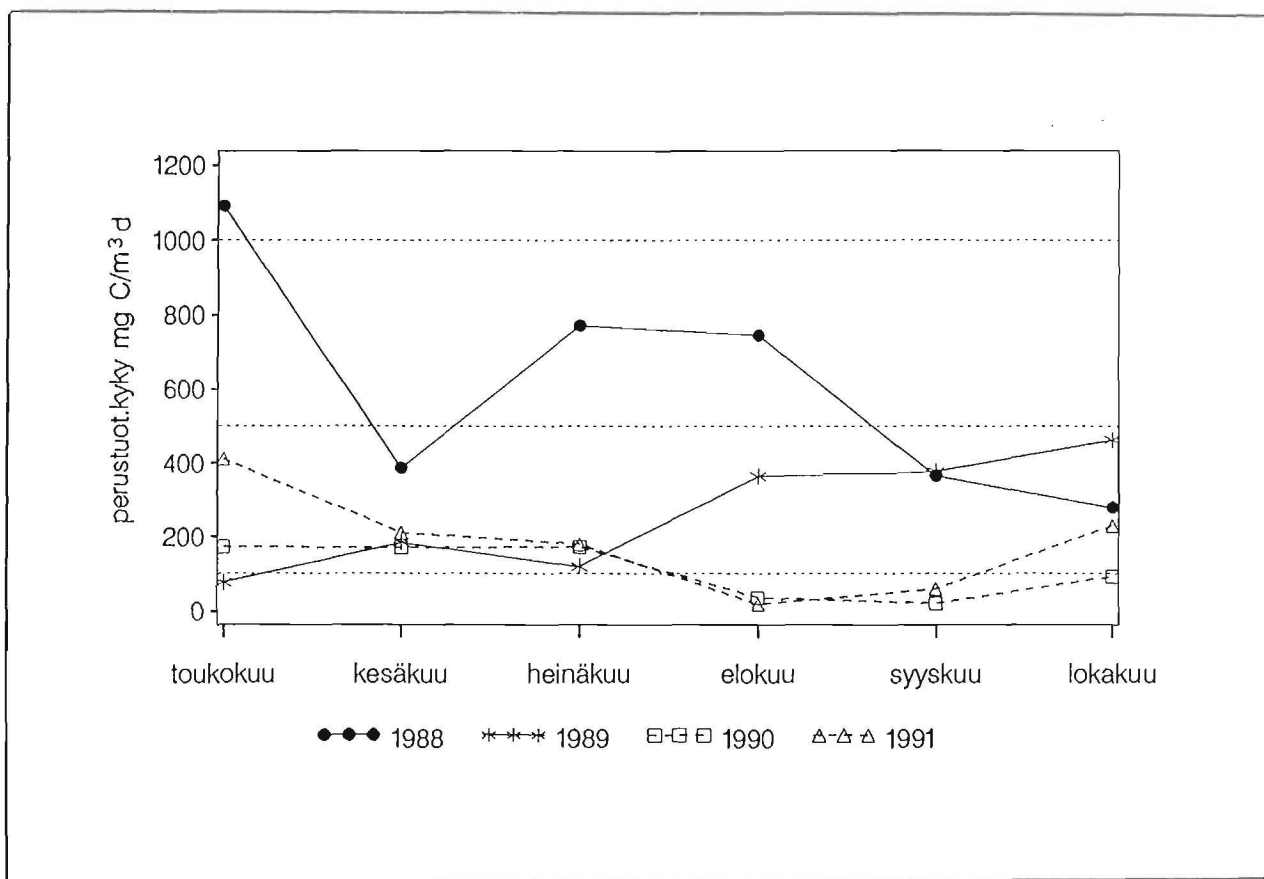
Kuva 27. Keskimääräisiä a-klorofylli:n pitoisuuksia ( $\mu\text{g/l}$ ) Porvoon edustan merialueella v. 1977 – 1991.



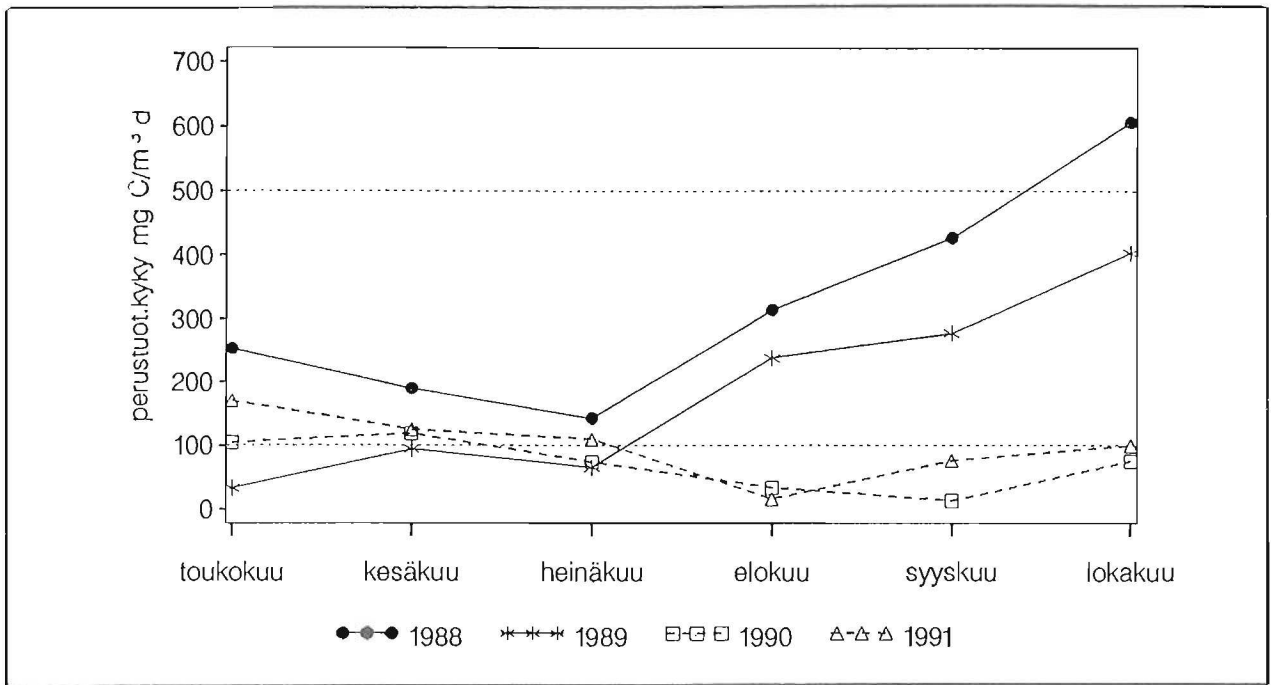
Kuva 28. Perustuotantokyky ( $\text{mg C/m}^3$ ) Porvoonjoen suulla (Svinö, luode 20) v. 1988 – 1991.



Kuva 29. Perustuotantokyky ( $\text{mg C/m}^3$ ) Emäsalonselällä (10) v. 1988 – 1991.



Kuva 30. Perustuotantokyky ( $\text{mg C/m}^3$ ) Orrenkylänselän eteläosassa (Emäsalo, itä 5) v. 1988 – 1991.



Kuva 31. Perustuotantokyky ( $\text{mg C/m}^3 \text{ d}$ ) Orrenkylänselän eteläosassa (Emäsalo, itä 5) v. 1988 – 1991.

Perustuotanto ja a-klorofylli-pitoisuudet olivat v. 1977 – 1991 suurimpia Stensbölen-selällä, missä mataluus ja veden vähäinen vaihtuvuus ylläpitävät levätuotannolle edullisia olosuhteita. Porvoonjoen ravinnekuormituksen rehevöittävät vaikutukset olivat selvästi havaittavissa sekä Svartbäckinselällä että Orrenkylänselällä. Svartbäckinselälle tulee lisäksi kuormitusta Mustijoen suunnalta ja Neste Oy:n öljynjalostamon kuormitus. Merivesitunnelin ravinnekuormitus on ollut vähäistä. Svartbäckinselkä (pisteet 33, 36 ja 38) on ollut jonkin verran rehevöityneempi kuin vastaava alue Orrenkylänselällä (p. 8, liite 3). Merivesitunnelin suulla (p. 36) perustuotantokyky ja a-klorofylli:n pitoisuudet ovat usein olleet jonkin verran pienemmät kuin Svartbäckinselän keskiosissa, mikä viittaisi tunnelista purkautuvien vesien estävän lievästi levätuotantoa. Neste Oy:n öljynjalostamon ravinnekuormitus kohotti levätuotantoa öljysataman edustalla (p. 32).

Jalostamon rehevöittävästä vaikutuksesta tehtiin 1970-luvun lopulla laaja erillisselvitys levätestien avulla (Penttinen 1980, Talsi 1987). 1980-luvun alussa ravinteiden vaikutuksia levien kasvuun tarkasteltiin jätevesien myrkyllisyystutkimusten yhteydessä (Talsi 1983, 1987). Kemian tehtaiden ja erityisesti öljynjalostamon jätevesien todettiin kiihdyttävän levänkasvua. Mahdolliset myrkytysvaikutukset peittyivät purkualueella ilmeisesti ravinnevaikutusten alle. Penttinen (1980) totesi pääasiassa typen rajoittaneen tuotantoa Svartbäckinselällä ja Orrenkylänselällä.

Porvoon edustan merialueen rehevöitymistä on arvioitu myös kalliorantojen makroleväkasvillisuuden avulla Itä-Uudenmaan bioindikaattoritutkimusten yhteydessä (Henriksson ym. 1991, 1992). Rantojen "limoittumisen" ilmentäjänä tutkittiin lähinnä ahdinparran (*Cladophora glomerata*) esiintymistä. Näytealojen ahdinpartojen pituudet mitattiin ja lisäksi analysoitiin niiden sisältämä a-klorofylli ja c-klorofylli. Näytealoilta kartoitettiin

myös muut runsaina esiintyneet levät. Tutkimusvuosien tulokset poikkesivat selvästi toisistaan, mikä saattoi johtua mm. erilaisista tuuli- ja vedenkorkeusolosuhteista kesinä 1990 ja 1991. Mustijoen suualueen läheisyydessä ja Emäsalonselän idänpuoleisella rannalla ahdinparran kasvustot olivat poikkeuksellisen reheviä kesällä 1990, mutta seuraavana vuonna näytealoilla ei havaittu lainkaan levää. Jäähdytysvesitunnelin vaikutusalueella Svartbäckinselällä oli v.1991 ahdinparran lisäksi runsaasti suolileviä (*Enteromorpha spp.*). Suolileviä havaittiin runsaasti myös Loviisan atomivoimaloiden jäähdytysvesien vaikutusalueella. Lämpökuormituksella on todettu olevan suolileviä suosiva vaikutus (Trei ym. 1987).

Eri alueiden rehevöitymistä Porvoon edustalla tarkastellaan vielä edempänä kohdassa 4.4 monimuuttujamenetelmiin kuuluvan pääkomponenttianalyysin avulla. Kokonaisravinteet ja liukoiset ravinteet ovat analyysissä mukana perustuotantokyvyn ja a-klorofyllin pitoisuuksien ohella.

#### 4.3.2 Biologinen kertyminen ja vaikutukset eliöstössä

Haitallisten aineiden kertymistä kaloihin on Porvoon edustan merialueella tutkittu ensimmäisen kerran 1970-luvun loppupuolella. Persson ym. (1978) havaitsivat merivesitunnelin lähialueen kalojen lihaksissa ftalaatteja. Verran ym. (1979) tutkimuksissa Sköldvikin alueen haukien maksasta löytyi pienehköjä määriä kloorattuja fenoleita ja ftalaatteja. Nikunen (1983, 1984) tutki sumputettujen kalojen elintoimintoja ja jäämäainepitoisuuksia merivesitunnelin edustalla ja Orrenkylänselällä. Tunnelin läheisyydessä sumputettujen kalojen maksoissa kahden vierasainetta muokkaavan entsyymin aktiivisuudet olivat kohonneet. Myös kalojen maksan ja sapen kloorattujen fenoleiden pitoisuudet olivat tunnelin lähellä selvästi korkeampia kuin Orrenkylänselällä. Paasivirta ym. (1985) löysivät Sköldvikin alueelta pyydetyistä hauista v. 1984 mm. ftalaatteja. Talsi (1987) käsitteli yhteenvedossaan laajasti em. tutkimuksia.

Edellä lueteltujen tutkimusten jälkeen kertymiä on selvitetty vasta aivan viime vuosina. Vuonna 1990 sumputettiin sinisimpukoita Porvoon edustan merialueella (Villa 1991, taulukko 4). Sumputukset olivat osa vesi- ja ympäristöntutkimuslaitoksen Suomen rannikkoalueilla tekemiä tutkimuksia (julkaisematon). Ensimmäisen sumputuskerran jälkeen Nesteeltä pääsi onnettomuuden seurauksena jonkin verran normaalia enemmän ftalaatteja ja etyyliheksanolia merialueelle. Onnettomuuden jälkeen merivedestä analysoidut ftalaatti- ja etyyliheksanolipitoisuudet olivat yleensä analyysitarkkuuden alapuolella. Kuormitustarkkailussa havaittiin kohonneita pitoisuuksia merivesitunnelissa viikon kuluttua onnettomuudesta. Kuormitus pysyi kuitenkin lupaehtojen rajoissa. Villa (1991) totesi, ettei onnettomuus merkittävästi lisännyt merialueen ftalaattikuormitusta.

Merivesitunnelin edustalla, Kartanonlahdella ja Haikonselällä sumputetuissa simpukoissa ftalaatteja oli selvästi taustapitoisuutta enemmän (taulukko 4). Ftalaattien analysointi on vaikeaa. Loka-marraskuun näytteiden ftalaattipitoisuudet analysoitiin kahdessa eri laboratoriossa ja tulokset erosivat osalla havaintopaikkoja selvästi (taulukko 4). VTT:n tutkimuksissa näytteistä löytyi pääasiassa di-2-etyyliheksyyliftalaattia (DOP) ja jonkin verran di-n-butyyliftalaattia. Jyväskylän yliopiston tutkimuksissa DOP:ia löytyi vain merivesitunnelin suulla sumputetuista näytteistä. Kaikista näytteistä löytyi dimetyyliftalaattia ja yleensä myös di-n-butyyliftalaattia. DOP:in määrä vaihteli simpukoissa 1 - 13 µg/g (taulukko 4). Persson ym. (1978) mukaan

Taulukko 4. Porvoon edustan merialueen sumputettujen simpukoiden jäämäainepitoisuuksia (tuorepaino) v. 1990.

sumputusaika ja havaintopaikka	DOP	ftalaatit	2-etyyli- heksanoli	kok.hii- livedyt	PAH-yh- disteet	alif.hii- livedyt	haiht. kloori- hiilivedyt
	µg/g	µg/g	ng/g	µg/g	µg/g	µg/g	ng/g
19.9.-3.10.1990							
Kartanonlahti	5,3		<50	11**	0,03**	0,84**	
merivesitunne- lista etelään	1,7		<50	12**		1,14**	
Svartbäckin- selän eteläosa	1		<50	9**		0,47**	
Kalvön itäp.	2,2		<50	17**		0,81**	
Onaksen eteläp.				14**	0,09	0,90**	
19.10.-5.11.1990							
merivesitunneli	13	3,1*	70		0,08*		7*
" (1 viikko)	3,3	3,2*	80		0,07*		20*
Nikuviken	1,8	1,4*	<50		0,05*		17*
Svartbäckin- selän eteläosa	1,6	1,1*	<50		0,14*		14*
Haikonselkä	3,3	1,8*	<50		0,03*		ei näyt.
KONTROLLI	1,6		<50	7**	0,04*	0,62	

\* Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus (julkaisematon aineisto)

\*\* Vesi- ja ympäristöhallitus, tutkimuslaboratorio (julkaisematon aineisto)  
muut Valtion teknillinen tutkimuskeskus, kemian laboratorio (Villa 1991)

Nesteen tuotantolaitosten lähialueilta kerätyissä simpukoissa oli 0,1 µg/g DOP:ia. Paasivirta ym. (1983) eivät löytäneet ftalaatteja Sköldvikin edustalta pyydetyistä simpukoista.

2-etyyliheksanoli hajoaa helposti eikä kerry eliöstöön ftalaattien tavoin. Purkutunnelin edustalla sumputetuissa simpukoissa oli kuitenkin jonkin verran etyyliheksanolia (taulukko 4). Muilla havaintoalueilla pitoisuudet olivat analyysitarkkuuden alapuolella.

Simpukkanäytteistä analysoitiin alifaattiset ja polyaromaattiset hiilivedyt (PAH) sekä kokonaishiilivedyt ja lisäksi haihtuvat kloorihiilivedyt. PAH-yhdisteitä löytyi ensimmäisellä havaintokerralla Kartanonlahdelta ja myös kontrollinäytteestä (bentso(a)pyreeni ja bentso(b)fluoranteeni). Lisäksi Onaksen eteläpuolelta löytyi dibents(a,-h)antraseenia. Jälkimmäisellä havaintokerralla kaikista näytteistä löytyi 2-metyyli-antraseenia ja kaksi viikkoa merivesitunnelin edustalla sumputetuista simpukoista löytyi bentso(b)fluoreenia. Haihtuvista kloorihiilivedyistä esiintyi trikloorieteeniä määritystarkkuuden ylittäviä pitoisuuksia.

Tarja Nakari tutki vuosina 1989 ja 1990 sumputettujen ja luonnonkalojen elintoimintoja ja vierasainekertymiä Porvoon edustan merialueella (Nakari 1992). Vertailualueella sumputettuihin kaloihin verrattuna kalojen elintoiminnot olivat muuttuneet eniten merivesitunnelin suulla, Svartbäckinselällä ja öljysatamassa. Kalojen vesi- ja ionitasapainonsäätely sekä maksan toiminta oli muuttunut. Maksan toimintamuutokset näkyivät entsyymi-, rasva- ja hormoniaineenvaihdunnan muutoksina ja vierasainesten kertyminä.

Jäämäaineita tutkittiin neljän viikon sumputuksen jälkeen. Kaikkien tutkittujen aineiden tiedetään aiheuttavan maksan toimintahäiriöitä (de Bruin 1976). Haihtuvien kloorihiilivetyjen määrä oli Kartanonlahdella sumputettujen kalojen lihasnäytteissä viisinkertainen Pellingin itäpuolen kaloihin verrattuna (taulukko 5). Muihin ryhmiin verrattuna pitoisuudet olivat yleensä kaksinkertaiset. Svartbäckinselällä kalojen sappinesteessä oli eniten haihtuvia kloorihiilivetyjä. Tetrakloorieteenä esiintyi eniten. Alueen hauista aiemmin mitatut haihtuvien kloorihiilivetyjen määrät olivat huomattavasti pienempiä (Paasivirta ym. 1985). Vapaiden ja sitoutuneiden kloorifenoleiden määrä sen sijaan oli samaa suuruusluokkaa kuin aiemmissa tutkimuksissa (Nikunen 1984, Paasivirta ym. 1985). Vapaita kloorifenoleita oli eniten Kartanonlahden ja öljysataman kalojen lihaksissa. Sitoutuneita kloorifenoleita oli kaikilla havaintopaikoilla lähes yhtä paljon.

Vapaita hartsihappoja löytyi kalojen lihaksista Kartanonlahtea ja öljysatamaa lukuunottamatta. Sappinäytteissä oli hartsihappoja kaikilla havaintopaikoilla, mikä osoittaa, että ko. aineita oli vedessä sumputuksen aikana. Hartsihappoja oli eniten öljysatamassa (taulukko 5). Neoabietiinihappo oli yleisin esiintynyt yhdiste. Vastaavia saponin hartsihappopitoisuuksia on mitattu puunjalostusteollisuuden alapuolisissa vesissä (mm. Oikari ja Kunnamo-Ojala 1987).

ftalaatteja löytyi selvästi eniten öljysataman kaloista. Vertailualueella Pellingissä kalojen lihaksissa ei ollut lainkaan ftalaatteja. Sappinesteestä sen sijaan löytyi jonkin verran dimetyyliftalaattia. Svartbäckinselällä ftalaatteja oli sappinesteessä huomattava määrä. Merivesitunnelin suulla sappinesteessä ei ollut näitä aineita. Perssonin ym. (1978) mukaan alueen luonnonkalojen lihaksista löytyi di-2-etyyli-heksyyli-ftalaattia 0,0 – 1 100 ng/g tuorepainoa.

Aromaattisten hiilivetyjen määrät olivat suurempia kuin Paasivirran ym. (1983) alueelta kerätyistä simpukoista määrittämät. Lihasnäytteistä näitä aineita löytyi vertailualueelta ja jonkin verran Svartbäckinselältä ja merivesitunnelin suulta. Sappinesteessä aromaattisia hiilivetyjä oli Kartanonlahdella ja Orrenkylänselällä. Öljysatamasta ei saatu tuloksia. Alifaattisia hiilivetyjä oli eniten öljysatamassa sumputettujen kalojen lihaksissa. Muiden ryhmien välillä ei ollut merkittäviä eroja. Sappinäytteissä alifaattisia hiilivetyjä oli eniten Kartanonlahdella ja vähiten Svartbäckinselällä. Kokonaishiilivetyjen määrä oli lihaksissa samaa suuruusluokkaa kaikilla havaintopaikoilla. Sappinesteessä pitoisuus oli suurin Kartanonlahdella.

Taulukko 5. Kalojen lihakseen ja sappinesteeseen kertyneiden jäämääineiden kokonaispitoisuuksia Porvoon edustan merialueella v. 1989 ja v. 1990 (Nakari 1992)

Havaintopaikat	haihtuvat kloorihiilivedyt		vapaat kloorifenolit		sitoutuneet kloorifenolit		vapaat hartsihapot		ftalaatit		kokonais- hiilivedyt	
	ng/g tuorepaino		ng/g tuorepaino		ng/g tuorepaino		ug/g tuorepaino		ng/g tuorepaino		1-9 ug/g kuivapaino, 10-12 ug/g tuorepaino	
	lihas	sappineste	lihas	sappineste	lihas	sappineste	lihas	sappineste	lihas	sappineste	lihas	sappineste
SUMPUTETUT KALAT												
1. Pellinki, vert.alue	6908	42	15	3	-	234	3.5	7.4	-	180	1760	7.7
2. Kartanonlahti	37088	208	194	13	2	429	-	9.1	1465	135	1910	70
3. Öljysatama	17885	605	145	62	4	206	-	13.8	6340	6325	2300	ei näyt.
4. Merivesitunneli	1763	154	43	24	-	261	11.1	3.6	1265	-	2030	14
5. Svartbäckinselkä	18078	4104	7	13	17	160	19.9	3	1170	3965	2040	6.7
6. Orrenkylänselkä	11301	32	23	42	26	233	8.5	3.2	1575	75	1150	4.5
VUODEN 1989 HAUET												
7. Haikonselkä	5702	63	114	49	-	92	4.2	-	2970	-	1680	9.5
8. Emäsalon itäpuoli, vert.alue	6603	70	156	18	1	73	4.9	-	895	-	1730	4.6
9. Emäsalon länsipuoli	6639	85	76	19	-	96	2.5	2.5	890	210	1640	7.1
VUODEN 1990 HAUET												
10. Pellinki, vert.alue	1273	328	4	485	21	3	-	-	378	9330	3.3	7.2
11. Emäsalon itäpuoli	759	35	9	80	10	19	-	508.1	59	3176	3.7	18.3
12. Haikonselkä	783	49	2	59	6	76	-	-	107	6293	3.3	30.2



Luonnonkalakokeissa Haikonselältä pyydettyjen kalojen elintoiminnot poikkesivat muiden ryhmien vastaavista. Muutokset näkyivät kalojen vesi- ja ionitasapainon säätelyssä, hormoniaineenvaihdunnassa ja maksan entsyymiaktiivisuuksissa. Vierasaineiden kokonaispitoisuudet olivat vuonna 1989 samaa suuruusluokkaa kaikilla havaintoalueilla (taulukko 5). Vuonna 1990 Emäsalon itäpuolella kalojen sappinesteessä oli runsaasti hartsihappoja, jotka ilmeisesti liittyivät haukien vesitasapainon säätelyssä ja maksan toiminnassa havaittuihin muutoksiin. Sekä sumputetuissa että luonnonkaloissa havaitut korkeat hartsihappojen määrät saattavat olla peräisin Tolkkisten sellutehtaan toiminnan aikana pohjalle kertyneistä lietteistä.

Vierasaineiden aiheuttamien muutosten merkitys kaloihin ja kalakantoihin tunnetaan vielä puutteellisesti. Kalojen elintoiminnot vaihtelevat normaalisti mm. vuodenajan mukaan ja eri kalalajeilla aineenvaihdunta-aktiivisuus on erilainen. Vesi- ja ympäristöhallituksessa tutkitaan parhaillaan eri kalalajien normaaleja vuotuisia elintoimintoja. Tutkimustulosten avulla voidaan paremmin tulkita tämänkaltaisten tutkimusten tuloksia.

Katselmukseen liittyen tutkittiin syyskuussa 1991 jäämäainepitoisuuksia Porvoon edustan merialueelta pyydettyjen kalojen selkälihaksista (Oy Vesi-Hydro Ab 1991b, taulukko 6). Kalat olivat pääasiassa ahvenia, Kartanonlahdelta saatiin myös kuhia. Haihtuvia kloorihiilivetyjä ei näytteistä todettu. PAH-yhdisteitä oli kaikissa näytteissä Kartanonlahtea lukuunottamatta. Vertailualueelta ja purkutunnelin läheisyydestä pyydettyissä ahvenissa oli bentso(k)fluoranteenia. Kalvön saaren eteläpuolen kaloissa oli bentso(ghi)fluoranteenia.

Taulukko 6. Kalojen jäämäainepitoisuuksia (lihas) Porvoon edustan merialueella v. 1991 (Oy-Hydro Ab 1991b).

Havaintoalue	ftalaatit ng/g tuorep.	PAH-yhdisteet ng/g kuivap.	Haihtuvat kloorihiilivedyt ng/g tuorep.
Kartanonlahti	1 152	–	–
Svartbäckinselkä, merivesitunneli	9 474	157	–
Kalvön eteläpuoli	802	261	–
Pellinki, vert.alue	2 755	149	–

Dimetyyliiftalaattia oli kaikissa näytteissä. Merivesitunnelin läheisyydestä pyydettyjen kalojen dimetyyliiftalaatin pitoisuudet olivat 3 – 4 kertaisia vertailualueen arvoihin verrattuna. Alueen kaloissa oli myös di-2-etyyliheksyyliiftalaattia (DOP), jota ei muista näytteistä tavattu. Vertailualueen dimetyyliiftalaattipitoisuudet olivat kaksinkertaisia Kartanonlahdelta ja Kalvön eteläpuolelta pyydettyihin kaloihin verrattuna. Nakarin (1992) tutkimuksessa hauen lihaksesta löytyneet ftalaattipitoisuudet olivat yleensä pienempiä kuin ahvenien vastaavat pitoisuudet (taulukot 5 – 6). DOP:ia oli kaikissa haukinäytteissä ja lisäksi esiintyi di-n-butyliiftalaattia ja dimetyyliiftalaattia.

## 4.4 Merialueen rehevöityminen, vedenlaatuaineiston pääkomponenttianalyysi

### 4.4.1 Aineisto ja pääkomponenttianalyysin periaate

Seuraavassa tarkastellaan Porvoon edustan merialueen velvoitetarkkailun yhteydessä kerättyä vedenlaatuaineistoa monimuuttujamenetelmiin kuuluvan pääkomponenttianalyysin avulla. Tarkastelun kohteena on merialueen rehevyys.

Pääkomponenttianalyysillä etsittiin vastausta kysymykseen, voidaanko merialueen tarkkailun havaintopaikkoja ryhmitellä tai asettaa johonkin järjestykseen lähinnä rehevyyden perusteella. Lisäksi tarkasteltiin veden laadussa tapahtuneita muutoksia tarkasteluajanjaksolla. Tarkastelun kohteina olivat avovesiaikaiset havainnot vuosilta 1980 – 1991 päällysvedestä (0 – 2 m). Analyysiin otettiin mukaan keskeiset rehevyyttä kuvaavat muuttujat kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, klorofylli-a ja perustuotantokyky. Lisäksi mukaan otettiin liukoinen fosfaattifosfori ja typen fraktioista nitraatti- ja ammoniumtyppi, jotka kuvannevat kuormituksen välittömiä vaikutuksia. Erityisesti ammoniumtypen pitoisuudet olivat Porvoonjoen suulla selvästi kohonneita. Havainnoista laskettiin muuttujakohtaiset keskiarvot eri havaintopaikoille (taulukko 7).

Pääkomponenttianalyysi on monimuuttujamenetelmä, jossa tarkastellaan useiden kvantitatiivisten muuttujien sisältämää vaihtelua (Ranta ym. 1991). Analyysin tavoitteena on sisällyttää suurin mahdollinen määrä alkuperäisten muuttujien sisältämää vaihtelua muutamaa toisistaan riippumattomaan pääkomponenttiin. Muuttujien todennäköisyysjakaumien tulisi noudattaa suurinpiirtein multinormaalijakaumaa eli moniulotteista normaalijakaumaa. Käytännössä multinormaalisuuden toteaminen on varsin hankalaa.

Pääkomponentit lasketaan joko muuttujien välisen korrelaatio- tai kovarianssimatriisiin pohjalta. Analyysi perustuu havaintoyksiköiden määrän (n) ja muuttujien määrän (p) väliseen  $n \times p$ -havaintomatriisiin. Ensimmäinen pääkomponentti  $Z_1$  on muuttujien  $X_1, X_2, \dots, X_p$  lineaarikombinaatio

$$Z_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p.$$

Taulukko 7. Porvoon edustan merialueen pintaveden (0 – 2 m) keskimääräinen laatu avovesiaikana v. 1980 – 1991 (havaintoja yleensä 7 – 8/vuosi)

havaintopaikka	kok.P µg/l	fosf.P µg/l	kok.N µg/l	nitr.N µg/l	amm.N µg/l	klor.-a µg/l	pt.kyky mgC/m3d
Emäsalo, itä 5 (G)	30	6	403	27	19	10,7	206
Emäsalonselkä 10 (E)	57	15	680	216	30	19,9	705
Emäsalonselkä 24 (H)	88	19	783	197	33	35,4	1167
Haikonselkä 12 (D)	61	16	751	239	33	21,6	810
Haikonselkä 22 (C)	81	22	920	311	45	33,1	1198
Hevy-11 Porvoo 32 (L)	43	11	530	108	43	14,2	395
Hevy-12 Porvoo 40 (P)	35	9	449	71	32	13,2	310
Hevy-13 Porvoo 48 (Q)	30	6	392	25	27	8,6	184
Illvarden, kaakko 97 (K)	44	11	495	95	34	13,9	436
Illvarden, koillinen 27 (J)	46	12	521	103	31	14,3	454
Kuggsund 25 (I)	52	13	694	212	30	19,5	657
Orrenkylänselkä 8 (F)	38	9	489	65	21	12,0	318
Sköldvikin ed. 33 (M)	38	10	478	83	35	13,1	375
Sköldvikin ed. 36 (N)	38	12	487	89	46	9,6	348
Sköldvikin ed. 38 (O)	37	10	477	78	38	13,1	361
Stensböhlenselkä 16 (A)	139	17	1211	131	22	75,5	2049
Svinö, luode 20 (B)	137	55	2046	1152	173	34,1	1311

Kertoimet  $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1p}$  valitaan siten, että muuttujan  $Z_1$  varianssi on mahdollisimman suuri ja että  $a_{11}^2 + a_{12}^2 + \dots + a_{1p}^2 = 1$ . Jos aineistossa on  $p$  muuttujaa, voidaan siitä laskea  $p$  keskenään korreloimatonta pääkomponenttia vastaavalla tavalla. Pääkomponenttien laskennassa etsitään  $p$  muuttujan kovarianssimatriisin  $C$  ominaisarvoja. Matriisi  $C$  on symmetrinen  $p \times p$ -matriisi

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1p} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{p1} & c_{p2} & \dots & c_{pp} \end{pmatrix}$$

ja alkiot  $c_{ij}$  ovat muuttujien  $X_i$  ja  $X_j$  väliset kovarianssit. Jos muuttujat on normitettu, on matriisi niiden välinen korrelaatiomatriisi.

Pääkomponenttien  $Z_i$  varianssit  $D^2(Z_i)$  ovat matriisin  $C$  ominaisarvot  $\lambda_i$ , joita on  $p$  kappaletta (osa voi olla keskenään yhtä suuria). Kun ominaisarvot järjestetään suuruusjärjestykseen  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ , vastaa  $\lambda_i$  i:nnen pääkomponentin

$$Z_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p$$

varianssia eli  $\lambda_i = D^2(Z_i)$  ja kertoimet  $(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip})$  muodostuvat ominaisarvoon  $\lambda_i$  liittyvistä ominaisvektoreista  $a_i$ .

Ominaisarvojen summa on kovarianssimatriisin  $C$  diagonaaliarvojen summa:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = c_{11} + c_{22} + \dots + c_{pp}.$$

Pääkomponenttien varianssien summa on siis sama kuin alkuperäisten muuttujien varianssien summa, joten pääkomponentit selittävät kaiken alkuperäisessä havainto-matriisissa olevan vaihtelun. Koska ominaisarvot kuvastavat kunkin pääkomponentin selittämää osaa kokonaisvaihtelusta, on kunkin pääkomponentin selittämä osuus kovarianssiin perustuvassa analyysissä

$$\lambda_i / \sum \lambda_i,$$

ja korrelaatiomatriisiin perustuvassa analyysissä (ominaisarvojen summa on muuttujien lukumäärä)

$$\lambda_i / \sum_{i=1}^p \lambda_i.$$

Analyysia jatkettaessa päätetään kuinka monta pääkomponenttia otetaan mukaan seuraavaan vaiheeseen. Mukaan kannattaa ottaa pääkomponentteja suuruusjärjestyksessä, kunnes niiden selittämän kokonaisvaihtelun summa on ylittänyt 80 – 90 %.

Alkuperäisten muuttujien arvojen perusteella voidaan havaintoyksiköille laskea pääkomponenttikohtainen pistearvo. Esimerkiksi k:n havaintoyksikön ensimmäisen pääkomponentin pistearvo  $Z_{1k}$  saadaan summana

$$Z_{1k} = a_{11}x_{11} + a_{12}x_{k2} + \dots + a_{1p}x_{kp},$$

jossa  $x_{ki}$  on muuttujan  $X_i$  saama arvo  $k_i$ nnella havaintoyksiköllä. Menetelmällä voidaan vähentää alkuperäisten muuttujien määrää huomattavasti. Pääkomponenttikohtaisia pistearvoja voidaan käyttää muiden analyysien lähtöarvoina.

#### 4.4.2 Tulokset ja niiden tarkastelu

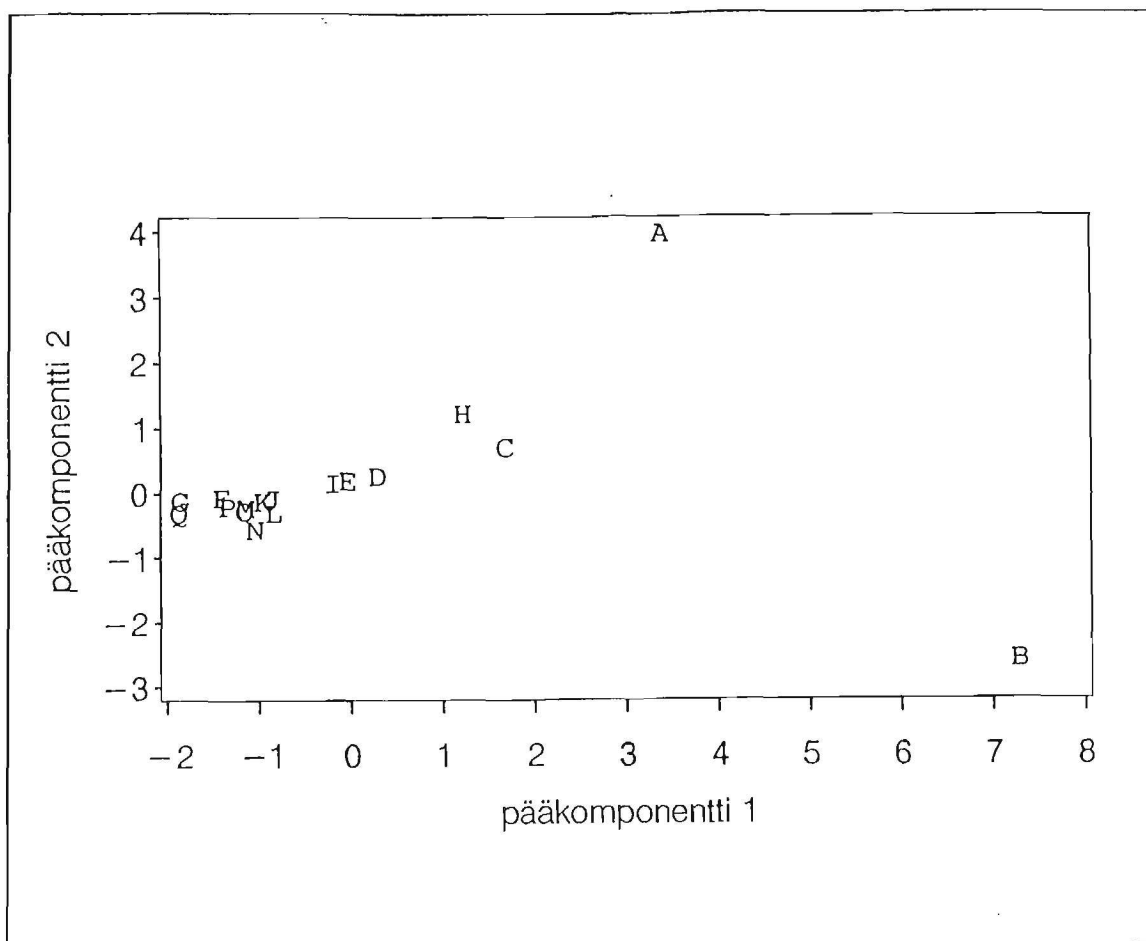
Pääkomponenttialyysi tehtiin SAS:n (6.07 versio) ohjelmalla PRINCOMP. Vuosien 1980 – 1991 vedenlaatuaineisto normitettiin (keskiarvo=0 ja varianssi=1). Analyysin tulokset on esitetty taulukoissa 7 – 14. Korrelaatiomatriisiin mukaan (taulukko 8) muuttujien välillä oli yleensä vahva korrelaatio. Yksittäisen muuttujankin, esim. kokonaisfosforin, arvot kuvaisivat siten melko hyvin tilannetta alueella. Nitraattityppi ja erityisesti ammoniumtyppi korreloivat heikosti klorofylli-a:n ja perustuotantokyvyn kanssa. Ensimmäinen pääkomponentti (P1) selitti 77 % havaintojen sisältämästä vaihtelusta (taulukko 9). Kun mukaan otettiin vielä toinen pääkomponentti (P2) selittyi vaihtelusta jo 99 %.

Ensimmäisen pääkomponentin (P1) ominaisvektorin arvo selittyi melko tasaisesti kaikista seitsemästä muuttujasta (taulukko 10). Toisin sanoen kaikki muuttujat selittivät merialueen rehevyyttä suurinpiirtein yhtä paljon. Toinen pääkomponentti (P2) ei ollut kovin selvästi tulkittavissa. Jos tarkastellaan kahden ensimmäisen pääkomponentin pistearvoja koordinaatistossa (kuva 32) voidaan havaita Stensbölenselän (A) ja Svinön (B) havaintopaikkojen poikenneen selvästi toisistaan. Ensimmäinen pääkomponentti kuvasi selkeästi Svinön havaintopaikkaa. Siellä typen eri fraktioiden ja fosfaattifosforin pitoisuudet olivat suurimmillaan (taulukko 7). Toinen pääkomponentti kuvasi Stensbölenselän havaintopaikkaa, jossa klorofylli-a-pitoisuudet ja perustuotantokyvyn arvot olivat suurimmat. Svinössä näkyivät selvästi jätevesien liukoisten ravinteiden vaikutukset korkeina pitoisuuksina, kun taas Stensbölenselällä ilmeisesti veden hidas vaihtuvuus vaikutti myönteisesti levätuotantoon.

Seuraavina havaintopaikoista erottuivat Emäsalonselkä 24 (H) ja Haikonselkä 22 (C). Emäsalonselälle tulee jätevesiä ja Haikonselällä Porvoon kaupungin jätevesien ja Porvoonjoen vaikutukset olivat vielä selvästi havaittavissa. Haikonselkä 12 (D), Emäsalonselkä 10 (E) ja Kuggsund 25 (I) muodostanevat seuraavan ryhmän, jossa joki- ja jätevesien rehevöittävät vaikutukset olivat vielä havaittavissa. Muut havaintopaikat eivät enää selkeästi erottuneet toisistaan. Taulukossa 11 havaintopaikat on esitetty nousevassa järjestyksessä ensimmäisen pääkomponentin pistearvojen mukaan. Tämä järjestys kuvanee havaintopaikkojen rehevyyttä. Emäsalon itäpuolella (G) ja sen länsirannalla (Q) sijaitsevat tarkkailun ulommaiset vertailupisteiksi tarkoitetut havaintopaikat olivat vähiten reheviä. Analyysin tulos kuvasi varsin hyvin alueen tarkkailun antamia tuloksia. Aiemmin vuosien 1985 – 1991 vedenlaatuaineistosta tehty pääkomponenttialyysi antoi varsin samanlaisia tuloksia (Ahtela & Sirviö 1993).

Analyysissä käytettiin vedenlaatu muuttujien keskimääräisiä arvoja, joiden hajonta oli suuri. Alkuperäisten havaintojen käyttöä kokeiltiin, mutta havaintoja oli niin paljon, että johtopäätösten teko oli vaikeata. Fosfori- ja klorofylli-a-pitoisuudet olivat keväällä toukokuussa suurimmillaan ja laskivat selvästi kesällä. Kuukausittaisten keskiarvojen käyttö voisi tarkentaa analyysia.

Veden laadussa tapahtuneita muutoksia tarkasteltiin myös havaintopaikkakohtaisten vuosikeskiarvojen avulla. Analyysin korrelaatiomatriisi, pääkomponenttien ominaisarvot ja selittävyys sekä pääkomponenttien muuttujakohtaiset kertoimet on esitetty taulukoissa



Kuva 32. Ensimmäisen (P1) ja toisen (P2) pääkomponentin piste arvot koordinaatissa. Kirjaimet ovat havaintopaikkojen symboleja (kts. taulukko 7).

12 – 14. Ensimmäinen pääkomponentti selitti 68 % ja kun mukaan otettiin toinen pääkomponentti selityksasteeksi saatiin 89 %. Pääkomponenttien tulkinta oli sama kuin edellä havaintopaikkakohtaisten koko jaksolta laskettujen keskiarvojen tapauksessa. Lähes kaikilla havaintopaikoilla oli havaittavissa lievä veden laadun paraneminen ensimmäisen pääkomponentin lukuarvojen mukaan. Muutokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Näin oli tilanne esimerkiksi Orrenkylänselällä (p. 8, kuva 33). Porvoonjokisuussa (Svinö, luode 20) veden laatu vaihteli voimakkaasti eri vuosina, kauempana merellä vaihtelu oli vähäisempää (kuva 34). Vuosina 1989 – 1991 veden laatu oli yleensä jonkin verran aikaisempaa parempi. Vaihtelu eri vuosien välillä oli kuitenkin suhteellisen suurta.

Pääkomponenttianalyysi näyttäisi olevan käyttökelpoinen menetelmä, kun halutaan erotella alueita rehevyyden perusteella tai kuvata veden laadun muutoksia ajan suhteen. Esimerkiksi velvoitetarkkailutulosten käsittelyssä tämäntyyppinen tarkastelu voisi olla havainnollinen. Analyysiin voidaan ottaa mukaan keskeisimpiä rehevyyttä ja kuormituksen välittömiä vaikutuksia kuvaavia muuttujia, ja niiden antama informaatio voidaan pelkistää suotuisassa tapauksessa pariin pääkomponenttiin.

Taulukko 8. Pääkomponenttianalyysi (havaintopaikkakohtaiset keskiarvot),  
muuttujien välinen korrelaatiomatriisi

	kok.P	fosf.P	kok.N	nitr.N	amm.N	klor.-a	pt.kyky
kok.P	1,000						
fosf.P	0,783	1,000					
kok.N	0,913	0,954	1,000				
nitr.N	0,693	0,984	0,920	1,000			
amm.N	0,560	0,934	0,829	0,953	1,000		
klor.-a	0,897	0,432	0,653	0,313	0,156	1,000	
pt.kyky	0,954	0,595	0,769	0,485	0,311	0,969	1,000

Taulukko 9. Korrelaatiomatriisiin (havaintopaikkakohtaiset keskiarvot perustuvat pääkomponenttien ominaisarvot ja niiden osuus aineiston sisältämästä kokonaisvaihtelusta

Pääkomponentti	Ominaisarvo	Selittävyys %	Summa %
P1	5,359	76,6	76,6
P2	1,572	22,5	99,0
P3	0,043	0,6	99,6
P4	0,019	0,3	99,9
P5	0,005	0,1	100,0
P6	0,001	0,0	100,0
P7	0,001		100,0

Taulukko 10. Pääkomponenttien muuttujakohtaiset kertoimet  
(havaintopaikkakohtaiset keskiarvot)

Muuttuja	Pääkomponentti						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
kok.P	0,409	0,254	0,134	0,040	-0,714	-0,382	0,305
fosf.P	0,406	-0,264	-0,252	0,473	-0,304	0,426	-0,452
kok.N	0,429	-0,064	0,011	-0,613	0,104	-0,301	-0,579
nitr.N	0,383	-0,357	-0,463	-0,337	0,120	0,215	0,580
amm.N	0,341	-0,475	0,670	0,268	0,307	-0,134	0,159
klor.-a	0,307	0,557	0,371	-0,189	0,121	0,636	0,065
pt.kyky	0,356	0,446	-0,344	0,422	0,514	-0,337	0,029



Taulukko 11. Pääkomponentti 1:n (P1) ja pääkomponentti 2:n (P2) pistearvot eri havaintopaikoilla. Muuttujien pistearvot on esitetty pääkomponentti 1:selle (havaintopaikkakohtaiset keskiarvot)

Havaintopaikka	P1	P2	kok.P	fosf.P	kok.N	nit.N	amm.N	klor.-a	pt.kyky
HEVY-13 Porvoo 48 (Q)	-1,94	-0,40	-0,84	-0,80	-0,74	-0,63	-0,39	-0,78	-0,96
Emäsalo, itä (G)	-1,92	-0,21	-0,82	-0,76	-0,71	-0,62	-0,62	-0,64	-0,91
Orrenkylänselkä 8 (F)	-1,48	-0,16	-0,60	-0,56	-0,50	-0,47	-0,55	-0,57	-0,69
HEVY-12 Porvoo 40 (P)	-1,41	-0,31	-0,68	-0,53	-0,60	-0,45	-0,24	-0,50	-0,71
Sköldvikin ed. 38 (O)	-1,22	-0,37	-0,63	-0,43	-0,53	-0,42	-0,08	-0,50	-0,60
Sköldvikin ed. 33 (M)	-1,21	-0,32	-0,60	-0,41	-0,53	-0,40	-0,17	-0,50	-0,58
Sköldvikin ed. 36 (N)	-1,11	-0,66	-0,61	-0,25	-0,51	-0,38	0,14	-0,71	-0,63
Illvarden, kaakko 97 (K)	-1,02	-0,22	-0,43	-0,33	-0,49	-0,36	-0,20	-0,45	-0,45
Illvarden, koillinen 27(J)	-0,93	-0,18	-0,37	-0,25	-0,43	-0,33	-0,27	-0,43	-0,42
HEVY-11 Porvoo 32	-0,91	-0,40	-0,46	-0,32	-0,40	-0,31	0,06	-0,43	-0,54
Kuggsund 25 (I)	-0,26	0,05	-0,18	-0,19	0,00	0,09	-0,31	-0,11	-0,01
Emäsalonselkä 10 (E)	-0,11	0,10	-0,05	-0,02	-0,04	0,10	-0,32	-0,08	0,08
Haikonselkä 12 (D)	0,22	0,16	0,06	0,06	0,14	0,19	-0,21	0,02	0,29
Emäsalonselkä 24 (H)	1,15	1,13	0,83	0,36	0,22	0,03	-0,21	0,83	1,00
Haikonselkä 22 (C)	1,61	0,61	0,68	0,67	0,55	0,47	0,13	0,72	1,06
Stensbölonselkä 16 (A)	3,32	3,88	2,37	0,19	1,26	-0,22	-0,54	3,31	2,76
Svinö, luode (B)	7,22	-2,68	2,30	3,58	3,31	3,70	3,79	0,78	1,29

Taulukko 12. Pääkomponenttianalyysi (havaintopaikkakohtaiset vuosikeskiarvot) muuttujien välinen korrelaatiomatriisi

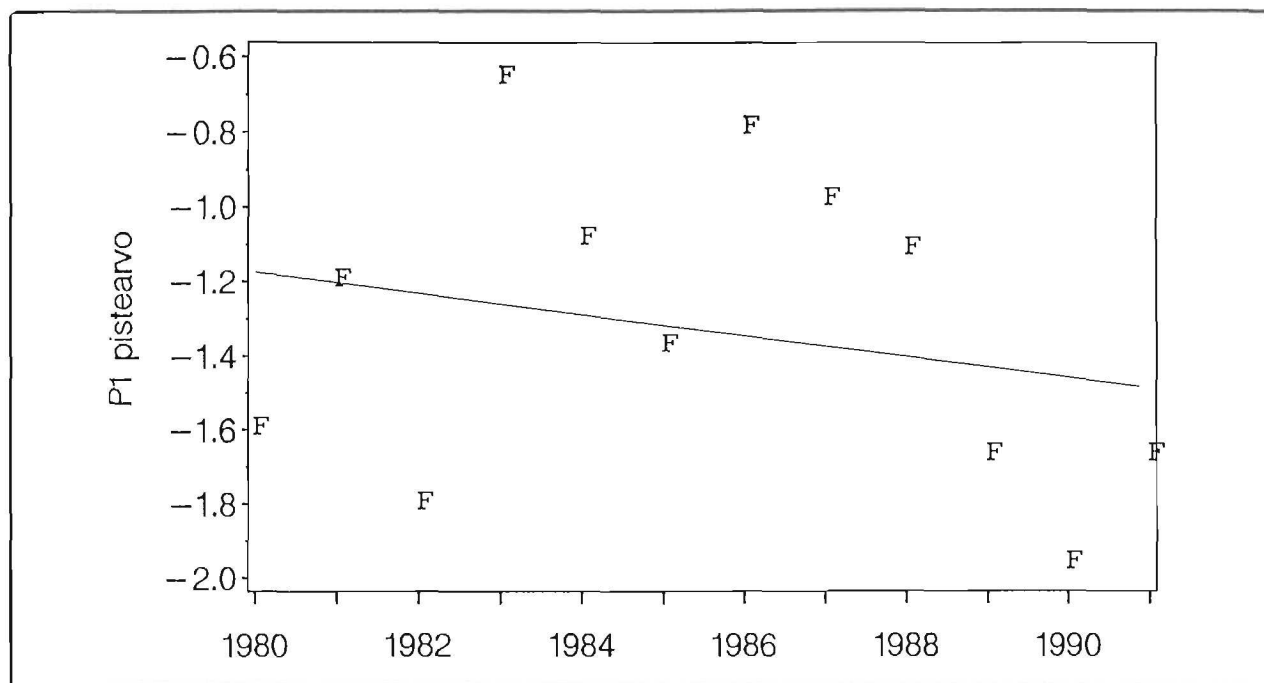
	kok.P	fosf.P	kok.N	nit.N	amm.N	klor.-a	ptkyky
kok.P	1,000						
fosf.P	0,735	1,000					
kok.N	0,840	0,794	1,000				
nit.N	0,594	0,753	0,904	1,000			
amm.N	0,481	0,784	0,728	0,799	1,000		
klor.-a	0,830	0,329	0,591	0,268	0,143	1,000	
pt.kyky	0,777	0,381	0,645	0,408	0,230	0,813	1,000

Taulukko 13. Korrelaatiomatriisiin (havaintopaikkakohtaiset vuosikeskiarvot) perustuvat pääkomponenttien ominaisarvot ja niiden osuus aineiston sisältämästä kokonaisvaihtelusta

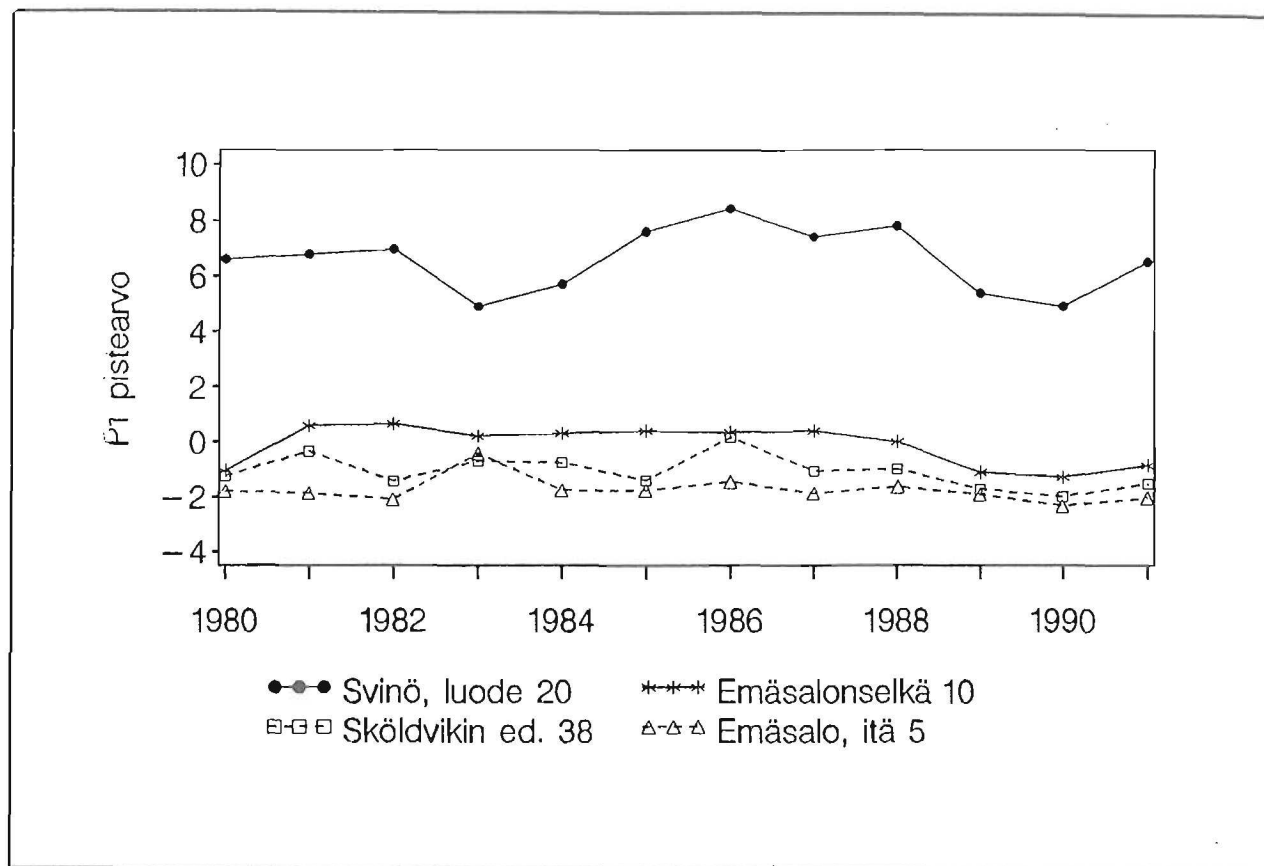
Pääkomponentti	Ominaisarvo	Selittävyys %	Summa %
P1	4,728	67,5	67,5
P2	1,514	21,6	89,2
P3	0,331	0,0	93,9
P4	0,194	0,0	96,7
P5	0,174	0,0	99,2
P6	0,038	0,0	99,7
P7	0,022		100,0

Taulukko 14. Pääkomponenttien muuttujakohtaiset kertoimet (havaintopaikkakohtaiset vuosikeskiarvot)

Muuttuja	Pääkomponentti						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
kok.P	0,422	0,243	-0,134	0,040	-0,714	-0,382	0,305
fosf.P	0,406	-0,264	-0,252	0,473	-0,304	0,426	-0,452
kok.N	0,429	-0,064	0,011	-0,613	0,104	-0,301	-0,579
nitr.N	0,383	-0,357	-0,463	-0,337	0,120	0,215	0,580
amm.N	0,341	-0,475	0,670	0,268	0,307	-0,134	0,159
klor.-a	0,307	0,557	0,371	-0,189	0,121	0,636	0,065
pt.kyky	0,356	0,446	-0,344	0,422	0,514	-0,337	0,029



Kuva 33. Veden laatu Orrenkylänselällä (p. 8) v. 1980 – 1991 ensimmäisen pääkomponentin (P1) lukuarvojen mukaan.



Kuva 34. Veden laatu v. 1980 – 1991 Porvoon edustan merialueella ensimmäisen pääkomponentin (P1) lukuarvojen mukaan.

## 5 MERIALUEEN POHJAN TILA

### 5.1 Fysikaalis-kemialliset tutkimukset

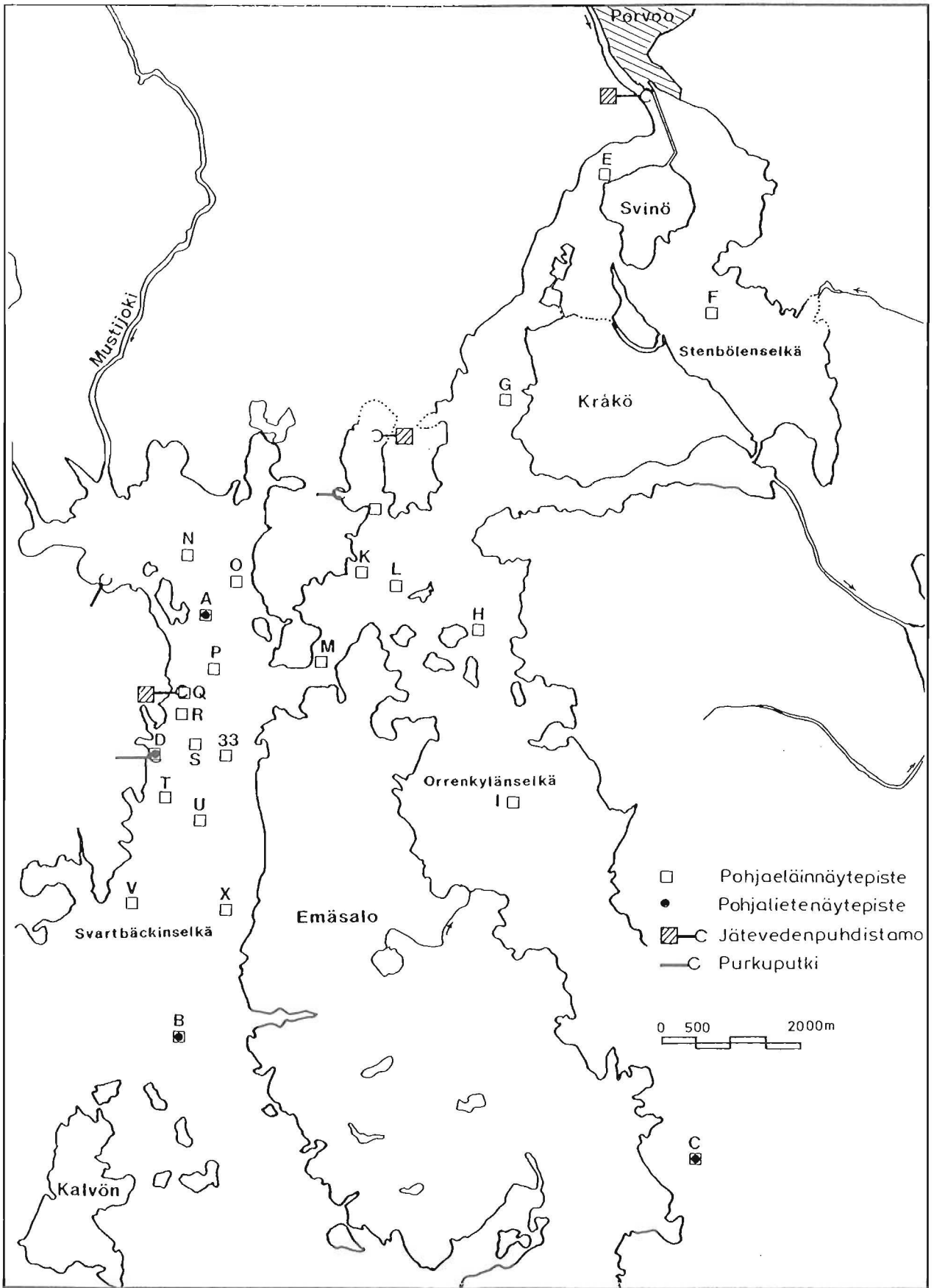
#### 5.1.1 Öljy sedimentissä

Porvoon edustan sedimentteihin kertyneen öljyn määrää on selvitetty 1970-luvun alkupuolella erillistutkimuksin (Leppäkoski ym. 1979) ja v. 1978 lähtien säännöllisesti velvoitetarkkailuna neljältä havaintoasemalta (kuva 35). Velvoitetarkkailun yhteydessä todettiin suurimmat öljypitoisuudet jo v. 1974 merivesitunnelin edustalla. Öljyä todettiin myös öljysataman edustalla ja Svartbäckinselän pohjoisosissa lähellä Kartanonojan purkualuetta. Neste Oy (1980, 1984) selvitti vuosina 1979 ja 1983 laajasti mm. sedimenttien öljypitoisuuksia Svartbäckinselällä. Merivesitunnelin edustan sedimenttien öljyn alkuperäksi epäiltiin öljyvuotoa, koska tunneliin ei johdeta öljyisiä vesiä. Tunnelin edustan sedimentin öljypitoisuus laskikin selvästi 1980-luvun alkupuolen jälkeen, mutta on edelleen korkea (taulukko 17). Talsi (1987) käsitteli raportissaan sedimenttitutkimuksia vuoteen 1984 saakka. Sen jälkeen öljylikaantumista on tutkittu velvoitetarkkailun lisäksi v. 1987 Helsingin vesi- ja ympäristöpiirissä (Villa 1989).

Öljyn määrää sedimenteissä on tutkimuksissa analysoitu eri menetelmin, joten tulosten vertailu on hankalaa. Sedimenttien hiilivedyistä osa on luonnon omia tuotteita ja osa on peräisin mm. mereen joutuneesta öljystä tai ilman kautta kulkeutuneista yhdisteistä. Eri lähteistä peräisin olevien hiilivetyjen analyttinen erottaminen on erittäin vaikeaa (Poutanen ym. 1990). Villan (1989) selvitystä lukuunottamatta näytteet analysoitiin infrapunaspektrofotometrisellä menetelmällä (SFS 3010). Vertailututkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että eri laboratorien välinen tulosten toistettavuus oli huono (Koivisto ym. 1990). Villan (1989) ja MT. Antonio Gramscin öljyvahinkotutkimuksissa (Hirvi ym. 1990, Poutanen ym. 1990) kokonaishiilivedyt mitattiin spektrofotometrisesti. Menetelmä antoi toistettavia tuloksia ja saanto oli hyvä vesi- ja ympäristöhallituksen tutkimuslaboratorion tutkimuksissa (Koivisto ym. 1990). Öljyn koostumuksen yksityiskohtainen selvittely vaatii kuitenkin kaasui- tai nestekromatografista menetelmää. Alifaattisten hiilivety määritysten tunnuslukujen avulla voidaan arvioida hiilivetyjen alkuperää.

Sedimenttien sisältämien hiilivetyjen määrään vaikuttaa voimakkaasti mm. pohjan laatu. Pohjan laatua voidaan arvioida kuiva-ainepitoisuuden avulla. Näytteet otettiin ilmeisesti hieman eri kohdista, koska pohjan laatu vaihteli havaintopaikoilla vuosittain (kuvat 36–37, taulukot 15–16). Hiilivetyjen taustakonsentraatioiden on havaittu olevan alhainen hiekkaisilla pohjilla ja selvästi korkeampi hiesu- ja savipohjilla (Strömberg 1981). Velvoitetarkkailun sedimenttinäytteiden öljypitoisuus laski merivesitunnelin edustalla kuiva-ainepitoisuuden kohotessa (kuva 36), mutta muilla havaintopaikoilla ei vastaavaa voi havaita (kuva 37). Villan (1989) selvityksen havaintopaikoilla sedimentin pinnalla oli yleensä muutaman senttimetrin paksuinen hapekas vaaleanruskea kerros, sen alla saviliejua ja syvemmällä kovaa savea. Merivesitunnelin suulla sedimentti oli löyhää, ja häiriintymättömän näytteen otto oli vaikeaa.

Merivesitunnelin suulla runsaasti kuiva-ainetta (30–40 %) sisältävän pintasedimentin (0–4 cm) kokonaishiilivetypitoisuus oli v. 1987 noin 2 200–3 300 mg/kg kuiva-ainetta (Villa 1989). Selvästi vähemmän kuiva-ainetta sisältävien näytteiden (10–20 %,



Kuva 35. Velvoitetarkkailun pohjaeläin- ja pohjalietenäytepisteet.

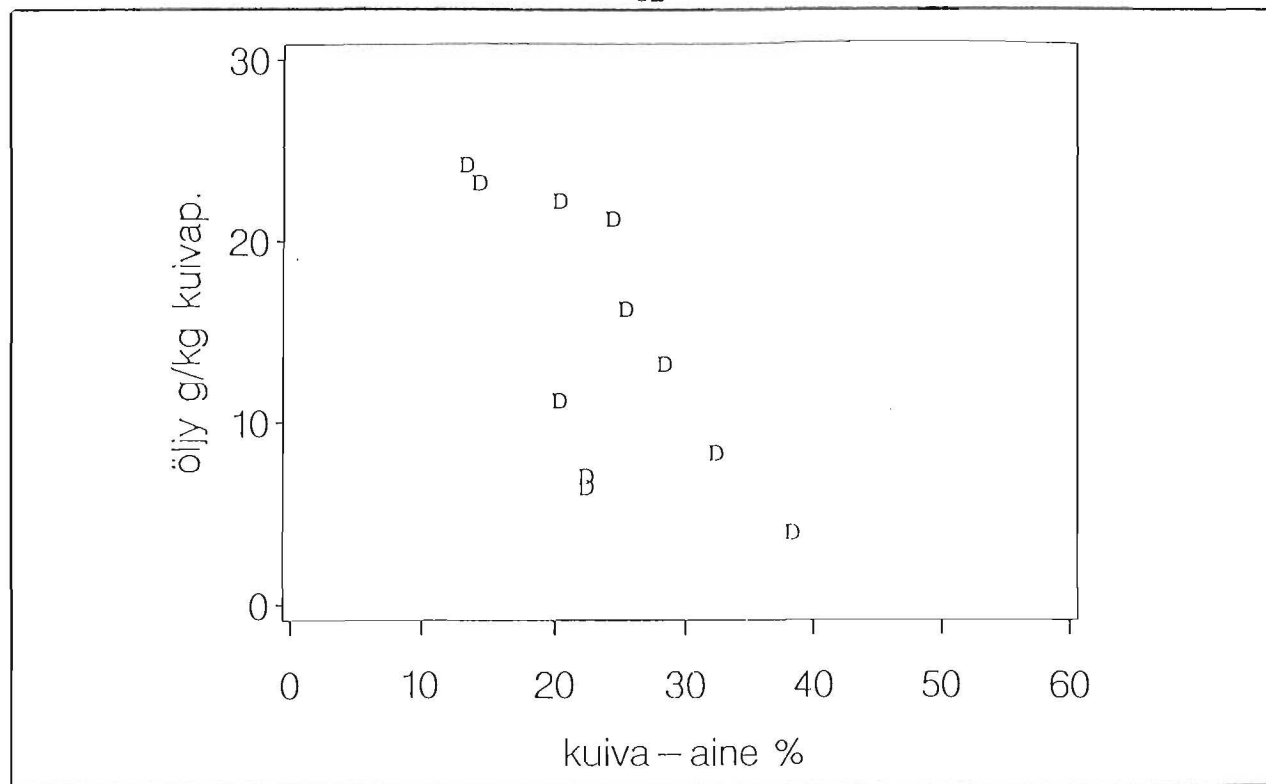
taulukot 15–16) kokonaishiilivetypitoisuus oli huomattavasti korkeampi, 7 300 g/kg. Öljynjalostamon edustalla (pisteet 9 ja 10, taulukko 15) sedimentin hiilivetypitoisuudet olivat 1 200 – 1 700 mg/kg. Selvästi kohonneita pitoisuuksia todettiin myös Kuggsundetissa (piste 3) ja Illvardenin länsipuolella (piste 1). Merkkejä öljyn aiheuttamasta likaantumisesta todettiin vielä Svartbäckinselän eteläosissa (pisteet 18 ja 19) ja Kartanonlahdella (piste 8). Haikonselällä, Emäsalonselällä ja Orrenkylänselällä todetut pitoisuudet (30 – 100 mg/kg) olivat alhaisia. Myös Kalvön kohdalla Svartbäckinselän eteläosassa pitoisuudet olivat alhaisia.

Vuoden 1987 tutkimuksen tulosten perusteella Villa (1989) laati kartan öljylikaantumisen laajuudesta merialueella v. 1987 ja Leppäkosken ym. (1979) havaintojen perusteella vuoden 1975 tilanteesta (kuva 38). Vaikka eri menetelmien antamia pitoisuuksia ei voikaan suoraan verrata toisiinsa, voidaan tarkastella likaantuneissa alueissa mahdollisesti tapahtuneita muutoksia. Likaantuneen alueen laajuus kasvoi jonkin verran tutkimusten välisen 12 vuoden aikana. Alue, jossa ylipäänsä voitiin havaita merkkejä öljystä oli pysynyt suunnilleen ennallaan.

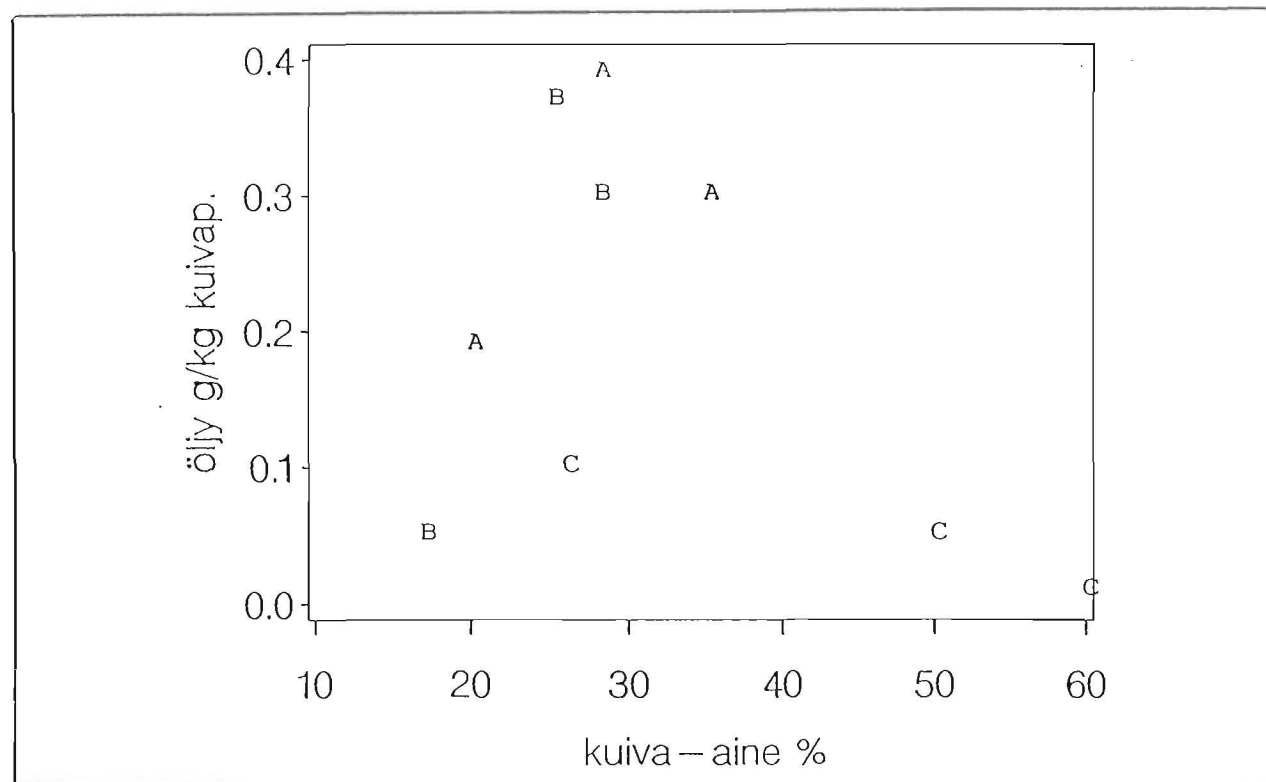
Vuosien 1978 – 1991 velvoitetarkkailutulosten mukaan öljypitoisuudet vaihtelivat 5 100 – 4 900 mg/kg merivesitunnelin edustalla (taulukko 17). Pitoisuudet ovat yleensä olleet viime vuosina sedimentin pintakerroksissa aikaisempaa alhaisempia, mutta vaihtelu on ollut suuri eri sedimenttikerroksissa. Näytteenoton vaikeus löyhältä, helposti liikkuvalta ja epähomogeeniselta pohjalta selittää tulosten vaihtelun. Illvardenin itäpuolella (A) ja ajoittain Svartbäckinselän eteläosassakin (B) öljypitoisuudet olivat kohonneita (taulukko 18). Orrenkylänselän eteläosassa pitoisuudet olivat alhaisia, yleensä < 200 mg/kg.

MT. Antonio Gramscin öljyvahinkotutkimuksissa pintasedimenttien (0 – 2 cm) kokonaishiilivetypitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin Porvoon edustan merialueen puhtaimmilla alueilla. Rannikkomerialueilla pitoisuudet vaihtelivat v. 1987 7 – 354 mg/kg (Hirvi ym. 1990). Kovilta pohjilta mitattiin hiilivetyjä 7 – 176 mg/kg ja pehmeiltä pohjilta 76 – 354 mg/kg. Ulkomerialueella pintasedimenttien (0 – 5 cm) hiilivetypitoisuudet vaihtelivat 3 – 552 mg/kg (Poutanen ym. 1990). Tutkimuksissa ei löydetty varsinaisesti öljyyntyneitä alueita, joten em. arvoja voitaneen pitää alueille ominaisina luonnollisina kokonaishiilivetypitoisuuksina.

Eteläisessä Ruotsissa Brofjordenin alueella tutkittiin AB Scanraffin öljynjalostamon (öljykuormitus n. 30 kg/d) vaikutuksia pohjasedimentteihin 1970– ja 1980-luvuilla (Cato 1990). Jalostamo aloitti toimintansa v. 1975. Kokonaishiilivety määritykset tehtiin kaasukromatografisesti. Pintasedimentin (0 – 1 cm) hiilivetypitoisuudet vaihtelivat v. 1984 120 – 5 900 mg/kg ja v. 1989 16 – 890 mg/kg. Suurimmat pitoisuushavainnot tehtiin jalostamon jätevesien purkupaikan edustalla.



Kuva 36. Sedimentin öljypitoisuuden (g/kg kuiva-ainetta) jakaantuminen kuiva-ainepitoisuuden mukaan merivesitunnelin suulla v. 1981 - 1991.



Kuva 37. Sedimentin öljypitoisuuden (g/kg kuiva-ainetta) jakaantuminen kuiva-ainepitoisuuden mukaan pisteillä A, B ja C (havaintopaikat kuvassa) V. 1983, 1986 ja 1989.

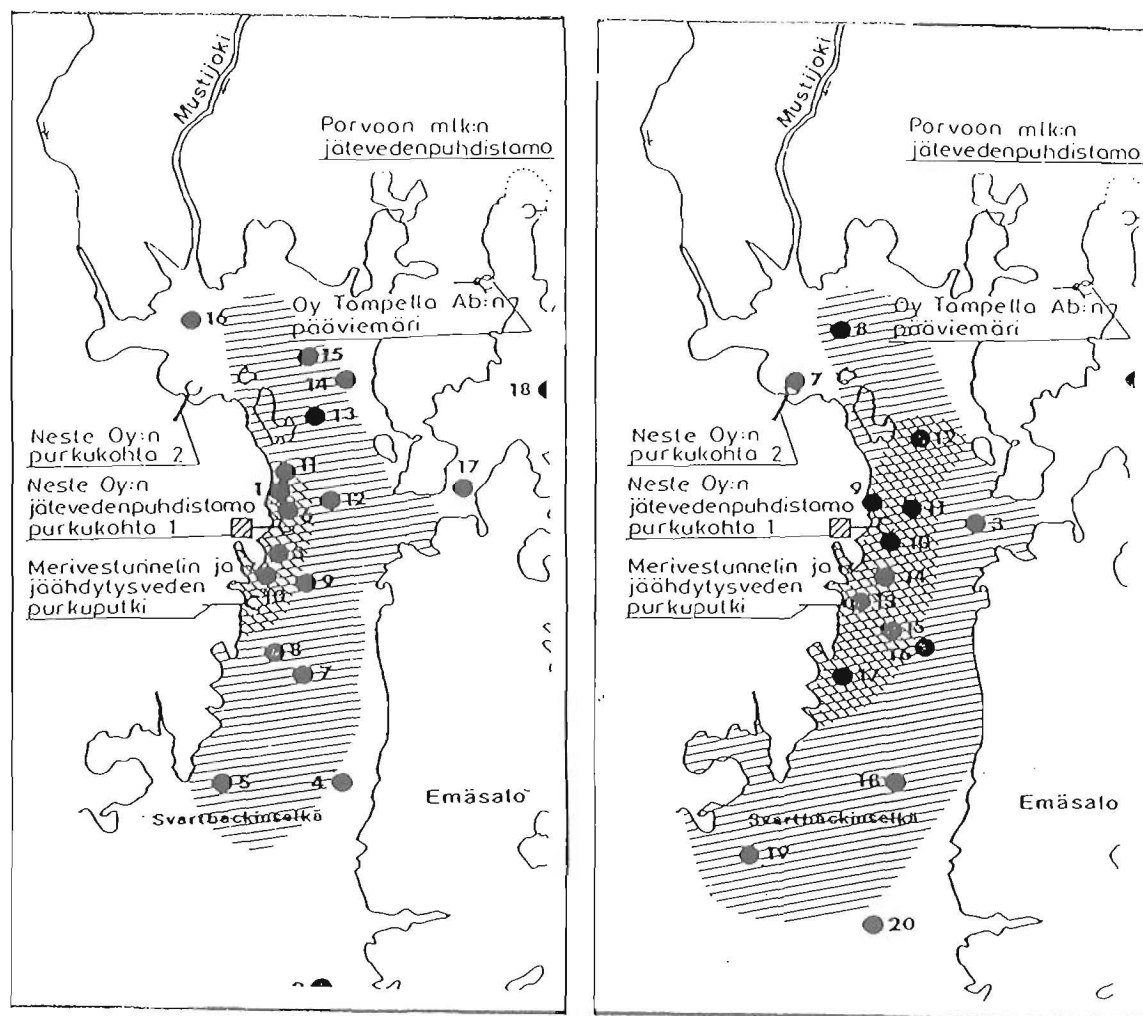


Taulukko 15. Pintasedimenttien (0 – 4 cm) kokonaishiilivetyypitoisuuksia (KHV, mg/kg kuiva-ainetta) Porvoon edustan merialueella v. 1987 (Villa 1989). Näytteet tutkittiin vesi- ja ympäristöhallituksen tutkimuslaboratoriossa spektrofotometrisesti aallonpituuksilla 230/340 ja 310/400

Havaintopaikka	Kuiva-aine %	KHV mg/kg	
		230/340	310/400
1	36	100	150
2	40	83	97
3	32	750	620
4	59	27	38
5	32	58	110
6	27	74	140
7	–	–	–
8	39	180	170
9	40	1685	895
10	34	1240	965
11	36	540	380
12	35	1090	750
13	27	3280	2180
14	30	1050	1000
15	31	1900	1480
16	–	–	–
17	33	1425	1075
18	38	200	260
19	36	260	300
20	39	130	200
21	31	140	270
22	29	100	180
23	28	93	170

Taulukko 16. Pintasedimenttien kokonaishiilivetyypitoisuuksia (KHV, mg/kg kuiva-ainetta) Porvoon edustan merialueella v. 1987 (Villa 1989). Näytteet tutkittiin meren-tutkimuslaitoksen laboratoriossa spektrofotometrisesti aallonpituudella 310/360

Havaintopaikka	Syvyys cm	Kuiva-aine %	KHV mg/kg
6	0 – 1	11	72
13	0 – 1	17	2114
	1 – 2	13	9000
	2 – 3	18	13000
	3 – 4	15	5000
	4 – 5	14	13000
21	0 – 1	24	116
23	0 – 1	16	103



- 1 Havaintopaikka
- ▨ Kokonaishiilivedyt >1g/kg.ka
- ▨ Kokonaishiilivedyt taustaa (n.0.15-0.2 g/kg.ka) korkeammat

0 500 2000m

Kuva 38. Öljyn likaaman alueen laajuus v. 1975 ja v. 1987 Porvoon edustan merialueella.

Taulukko 17. Pohjalietteen öljypitoisuus (g/kg kuiva-ainetta) merivesitunnelin edustalla (havaintopaikka D) vuosina 1980–1991 (velvoitetarkkailut)

Vuosi	Näytesyvyys cm				
	0 – 2	2 – 4	0 – 4 keskia.	26 – 28	28 – 30
1980	86	11	49	6	8,3
1981	24	15	20	18	8
1982	16	3,1	9,6	8,4	1,2
1983	13	11	12	15	3,7
1984	23	17	20	29	18
1985	22	22	22	3,4	2,6
1986	11	8,4	9,7	20	19
1987	21	13	17	11	9,5
1988	6,8	6,9	6,9	4,4	9,4
1989	6,2	15	11	12	16
1990	3,7	6,4	5,1	15	11
1991	8,1	10	9,1	18	10

Taulukko 18. Keskimääräisiä öljypitoisuuksia (mg/kg kuiva-ainetta) Porvoon edustan pintasedimenteistä (0 – 4 cm) v. 1978 – 1989 (velvoitetarkkailut)

Havaintopaikka	Vuosi				
	1978	1980	1983	1986	1989
Illvardenista itään (A)	500	850	300	210	520
Svartbäckins. (etel.) (B)	140	970	200	<50	330
Orrenkyläns. (etel.) (C)	<100	200	<100	<50	<100
Merivesitunneli (D)	42000	48500	12000	9900	10500

### 5.1.2 Muut aineet sedimentissä

Kloorattujen hiilivetyjen, 2-etyyliheksanolin ja dioktyyliftalaatin (DOP) pitoisuuksia on tutkittu velvoitetarkkailun yhteydessä vuodesta 1978 alkaen (taulukot 19–21). Kloorattujen hiilivetyjen ja 1,2-dikloorietaanin pitoisuudet ovat olleet määritystarkkuuden alapuolella merivesitunnelin edustaa lukuunottamatta, jossa havaittiin v. 1978 korkeahko pitoisuus (taulukko 19). Paasivirran ym. (1985) tutkimuksessa Porvoon edustan merialueen sedimenteistä tunnistettiin kloorattuja hiilivetyjä vain muutamasta näytteestä tunnelin ja Klobbuddenin edustalta (6 – 11 µg/g). Herkästi haihtuvat yhdisteet eivät ilmeisesti kerry sedimentteihin. 2-etyyliheksanolia havaittiin näytteissä pieniä määriä v. 1983 syvemmistä kerroksista.

Ftalaatit ovat ravintoketjussa rikastuvina ja pysyvinä yhdisteinä haitallisia ympäristömyrkkyyjä. Ftalaateista ainakin dietyyliheksyyliftalaatti (lyhenteet DEHP tai DOP) adsorboituu herkästi sedimentteihin. DOP:n pitoisuudet sedimenteissä ovat yleensä yleensä olleet mittaustarkkuuden alarajoilla merivesitunnelia lukuunottamatta. Tunnelin edustalta mitattiin vuosina 1986 ja 1989 korkeita ftalaattien pitoisuuksia (30 – 60 µg/g, taulukko 20). Menetelmä on erittäin herkkä häiriöille ja jo taustapitoisuudet voivat näytteen käsittelystä riippuen olla korkeita. Paasivirran (1983) tutkimuksissa Sköldvikin sedimenteistä löytyi DOP:a 0,09 – 0,9 µg/g, DEP:a (dietyyliftalaatti) 0,025 µg/g ja DBP:a (dibutylyftalaatti) 0,015 µg/l. Jokisedimenteistä Hollannissa ja USA:ssa on löytynyt 70 mg/kg ja teollisuuden jätevesien purkualueilta n. 1 500 mg/kg kuivaainetta DOP:ia (IPCS 1992).

Öljyn aiheuttamaa pohjan likaantumista selvitettäessä on tutkittu sedimenttien polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH) pitoisuuksia. PAH-yhdisteitä pidetään erittäin haitallisina aineina kertyvyytensä ja karsinogeenisuutensa vuoksi. Merivesitunnelin edustalta v. 1987 määritettiin 16 PAH-yhdistettä (taulukko 22, Villa 1989). Yhdisteiden kokonaissumma pintasedimentissä (0 – 5 cm) oli keskimäärin noin 10 mg/kg kuivaainetta. Näytteissä oli eniten bentso(ghi)peryleeniä ja bentso(a)pyreeniä. Kromatogrammeissa näkynyt suuri UCM-alue kuitenkin osoitti, että näytteissä oli paljon sellaisia PAH-yhdisteitä, joita ei analysoitu. Vuonna 1983 (Neste Oy 1984) merivesitunnelin edustalta mitattiin PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuudeksi 0,75 mg/kg. Yhdisteiden kokonaispitoisuus oli Nesteen tutkimuksessa kaikilla 15 havaintopaikoilla alle 1 mg/kg. Satama-alueen sedimentti sisälsi eniten fenantreenia, eikä em. v. 1987 runsaina esiintyneitä yhdisteitä juuri havaittu.

Taulukko 19. Klooratut hiilivedyt Porvoon edustan merialueen pintasedimenteissä (0 – 2 cm) v. 1978 – 1989 (velvoitetarkkailut)

Havaintopaikka	Klooratut hiilivedyt (µg/g tuorep.)				
	1978	1980	1983	1986 <sup>2)</sup>	1989 <sup>2)</sup>
Illvardenista itään (A)	<0,03 <sup>1)</sup>	<0,05	<0,05	<0,6	ei hav.
Svartbäckins. (etel.) (B)	< 0,03	<0,05	<0,02	<1,2	ei hav.
Orrenkyläns. (etel.) (C)	<0,03	<0,05	<0,02	<0,6	ei hav.
Merivesitunneli (D)	0,51 <sup>1)</sup>	0,05	<0,02	<1,2	ei hav.

<sup>1)</sup> 0 – 4 cm

<sup>2)</sup> 1,2-dikloorietaani

Taulukko 20. Dioktyyliftalaatti (DOP) Porvoon edustan pintasedimenteissä (0 – 2 cm) v. 1978 – 1989 (velvoitetarkkailut)

Havaintopaikka	DOP (µg/g kuivap.)				
	1978	1980	1983	1986 <sup>2)</sup>	1989 <sup>2)</sup>
Illvardenista itään (A)	0,4	0,12	<1	4	<2
Svartbäckins. (etel.) (B)	1,0	<0,1	<1	<2	<2
Orrenkyläns. (etel.) (C)	0,8	0,1	<1	<2	<2
Merivesitunneli (D)	0,2 <sup>1)</sup>	0,9	1	32	60

<sup>1)</sup> 0 – 4 cm

Taulukko 21. 2-etyyliheksanoli Porvoon edustan pintasedimenteissä (0 – 2 cm) v. 1978 – 1986 (velvoitetarkkailut)

Havaintopaikka	2-etyyliheksanoli (µg/g kuivap.)			
	1978	1980	1983	1986
Illvardenista itään (A)	<0,1 <sup>1)</sup>	<0,1	<1	<5
Svartbäckins. (etel.) (B)	<0,1	<0,1	<1	<5
Orrenkyläns. (etel.) (C)	<0,1	<0,1	<1	<5
Merivesitunneli (D)	<0,1	<0,1	<1	<5

<sup>1)</sup> 0 – 4 cm

Merisedimenttien PAH-yhdisteiden pitoisuuksista tiedetään vähän. Määritetyt yhdisteet kuvaavat yleensä hiilivety-polluutiota, mutta ne eivät ole tyypillisiä öljylle. MT. Antonio Gramscin tutkimuksissa Suomenlahden sedimenteissä PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuudet vaihtelivat 0,1 – 5,4 mg/kg kuiva-ainetta (Poutanen ym. 1990). Pohjois-Amerikassa, Penobscot Bay:n sedimenteissä havaitut PAH-kokonaispitoisuudet 0,3 – 9,0 mg/kg (Johnson ym. 1985) olivat samaa suuruusluokkaa kuin Suomenlahdella mitatut pitoisuudet. Etelä-Itämeren sedimenteissä PAH-pitoisuudet vaihtelivat 0,05 – 2,6 mg/kg (Law ym. 1983). Ruotsissa Brofjordenin alueella 11 tutkitun PAH-yhdisteen kokonaispitoisuudet vaihtelivat yleensä pintasedimentissä (0 – 1 cm) 0,07 – 3,4 mg/kg (Cato 1990). Yhdisteet olivat samoja kuin suomalaisissa tutkimuksissa, tosin niitä oli vähemmän. Korkein pitoisuus havaittiin satama-alueen läheisyydessä (14 mg/kg). Öljytuotteille tyypillisten alkyloituneiden PAH-yhdisteiden määrä ei ollut näytteissä korkea. Caton (1990) mukaan sedimenttien PAH-yhdisteet olivat peräisin lähinnä fossiilisten polttoainoiden polttamisesta, esimerkiksi dieselmootoreista. Yhdisteet saattoivat osittain olla peräisin alueen vilkkaasta laivaliikenteestä. PAH-yhdisteiden laaja levinneisyys saattoi myös johtua osaltaan laivaliikenteen sedimenttejä sekoittavasta vaikutuksesta.

Kloorifenoleita määritettiin kvalitatiivisesti Orrenkylänselän ja merivesitunnelin suulta sekä jätevesien käsittelylaitoksen lietealtaasta v. 1984 (Paasivirta ym. 1985). Kloorifenoleita löytyi kaikista näytteistä, myös vertailualueelta. Kloorifenoleita joutuu vesistöihin mm. puunjalostusteollisuudesta ja sahoilta. Nesteen tuotantolaitoksilta ei kloorifenoleita tiedetä tulevan, mutta Tampellan sahan ja sitä edeltäneen sulfiittiselluloosatehtaan päästöissä kloorifenoleita on voinut olla. Vuonna 1993 uusittuun tarkkailuohjelmaan on lisätty kloorifenolien määrittäminen sedimenteistä.

Sedimentteihin kertyviä raskasmetalleja on pieniä määriä ainakin Nesteen öljynjalostamon jätevesissä (taulukko 1). Alueen metallipitoisuuksia tutkittiin v. 1984 öljysataman ja merivesitunnelin edustalla, Orrenkylänselällä, Emäsalon länsirannalla ja laivaväylällä Klobbuddenissa (Talsi 1987). Pitoisuuksien todettiin olleen pieniä verrattuna raskaimmin kuormitetuille alueille. Raskasmetallipitoisuudet eivät olleet korkeita myöskään Tampellan sahan edustan sedimenteissä Koddervikenissä v. 1992 (taulukko 23). Brofjordenin alueella (Cato 1990) lyijyn (Pb), nikkelin (Ni) ja sinkin (Zn) pitoisuudet sedimentissä olivat alhaisempia kuin Porvoon edustan merialueella (taulukko 23).

## 5.2 Pohjaeläimet

Porvoon edustan merialueella tutkittiin pohjaeläimiä ensimmäisen kerran vuosina 1965 ja 1966 (mm. Keskuslaboratorio 1967, 1970). 1970-luvulla selvityksiä tehtiin lähes vuosittain (mm. Leppäkoski ym. 1979, Penttinen 1980). Velvoitetarkkailuna Vesi-Hydro Oy on tehnyt pohjaeläinselvityksiä kolmen vuoden välein vuosina 1974 – 1989. Tolkkisten sellutehtaan lopettamisen vaikutuksia selvitettiin 1970-luvun puolivälin jälkeen tehdyissä laajoissa tutkimuksissa (mm. Skog 1979). Talsi (1987) käsitteli pohjaeläinselvitysten tuloksia vuoteen 1984 asti. Pohjaeläinyhteisöissä tapahtuneiden muutosten arviointia vaikeuttaa se, että havaintopaikat eivät ole samat eri selvityksissä. Vesi-Hydro Oy:n 1980-luvun tulokset on esitetty liitteessä 4. Velvoitetarkkailun havaintopaikat on esitetty kuvassa 35.

Taulukko 22. PAH-pitoisuuksia ( $\mu\text{g/kg}$  kuiva-ainetta) merivesitunnelin edustalla (piste 13) v. 1987 (Villa 1989)

Yhdiste	Syvyys cm					
	1	2	3	4	5	1-5 keskia.
Naftaleeni	681	622	154		335	
Asenaftyleeni	-	-	-	-	-	
Asenafteeni	-	-	-	-	-	
Fluoreeni	-	-	-	-	-	
Fenantreeni	25	0	0	0	149	
Antraseeni	143	0	5	0	0	
Fluoranteeni	0	204	22	0	0	
Pyreeni	-	-	-	-	-	
Bentso(a)antraseeni	374	0	206	106	695	
Kryseeni	651	1668	188	361	1530	
Bentso(b)fluoranteeni	194	1597	1244	1619	0	
Bentso(k)fluoranteeni	0	0	0	106	1521	
Bentso(a)pyreeni	373	6127	666	1164	5902	
Dibents(a,h)antraseeni	-	-	-	-	-	
Bentso(ghi)peryleeni	0	8320	0	1958	8108	
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	0	992	0	263	1305	
Yhteensä	2441	19530	2485	5577	19545	9915

Taulukko 23. Raskasmetallipitoisuuksia Porvoon edustalla v. 1984 (Talsi 1987), Koddervikenissä v. 1992 (Suunnittelukeskus Oy 1992, julkaisematon aineisto) ja Ruotsissa Brofjordenin alueella v. 1989 (Cato 1990)

Havaintoalue	Hg $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	V $\mu\text{g/g}$
Porvoon edusta	0,02-0,17	21-45	0,1-0,5	35-48	129-220	49-65	74-123
Kodderviken (Porvoon mlk)	0,07-0,21	16-18	0,2-0,4	40-45	150-180	50-67	
Brofjorden	0,05-0,10	0,8-18 (460)	0,1-1,5	4-16	22-73	2,5-71	33-120

Yleisimmin Porvoon edustan merialueella esiintyy harvasukasmatoihin (*Oligochaeta*) kuuluvia surviaissääskitoukkia (*Chironomidae*) ja torvimatoja (*Tubificidae*). Nämä ovat varsinaisesti makean veden lajeja, mutta viihtyvät vähäsuolaisissa murtovesissä. Useat *Tubificidae*-lajit sietävät suhteellisen hyvin likaantunutta ympäristöä ja heikkoa happitilannetta. Surviaissääskiin kuuluu sekä puhtaassa että likaantuneessa ympäristössä viihtyviä lajeja. Suolaisuuden lisääntyessä itämerensimpukkaa (*Macoma baltica*) alkaa esiintyä ja puhtaimmilla alueilla esiintyy valkokatkaa (*Pontoporeia affinis*). Itämerensimpukka viihtyy suhteellisen likaantuneissakin oloissa jos happitilanne säilyy tyydyttävänä. Valkokatkaa pidetään erittäin vaateliaana lajina, joka katoaa nopeasti likaantuneilta merialueilta.

Porvoon edustan havaintopaikat (E, F, G, kuva 35) ovat matalilla ja lieju- tai liejusavipohjaisilla alueilla. Porvoonselällä ja Stensbölenselällä (havaintopaikat E ja F, liite 4) pohjaeläimistö koostuu vähäsuolaisille ja likaantuneille alueille tyypillisistä lajeista. Matalan ja rehevöityneen Stensbölenselän niukka pohjaeläimistö johtunee vähäisestä vedenvaihdunnasta ja epäedullisista happiolosuhteista. Haikonselällä (havaintopaikka G, liite 4) olosuhteet ovat jo merellisemmät ja siellä esiintyy vähäisessä määrin itämerensimpukkaa. Yleisimmät alueelta löytyvät pohjaeläinryhmät ovat surviaissääskiä ja torvimatoja. Haikonselän pohjaeläinyhteisössä ei voi havaita mitään varsinaista kehityssuuntaa 1960-luvulta alkaen tehdyissä selvityksissä. Alueen hydrografiset olosuhteet vaihtelevat suuresti meriveden liikkeistä ja Porvoonjoen virtaamasta johtuen. Olojen epävakaisuus heijastuu myös pohjaeläinyhteisöihin, joissa tapahtuneita todellisia muutoksia on vaikea arvioida.

Koddervikenin lahden tilaa tutkittiin Tolkkisten sellutehtaan sulkemisen jälkeen vuosina 1975 ja 1976 (Skog 1977). Alueelta ei löytynyt lainkaan pohjaeläimiä v. 1975, mutta tehtaan sulkemisen jälkeen pohjaeläimistö toipui nopeasti. Koddervikenin lahdesta (havaintopaikka J, liite 4) löytyi 1980-luvulla kuitenkin vain runsaasti surviaissääskentoukkia (lähinnä *Chironomus plumosus*), mikä osoittaa että lahden pohja on edelleen voimakkaasti likaantunut. Vuonna 1989 näytteissä oli vielä voimakas jäteliipeän haju ja pohjalieju sisälsi sulfiittiselluloosatehtaan ajoilta peräisin olevaa jättekuitua.

Emäsalonselällä (havaintopaikat K, L, M, kuva 35) pohjaeläimistö on likaantuneelle alueelle tyypillinen. 1970-luvulla Emäsalonselällä ei tapahtunut suuria muutoksia. 1980-luvulla pohjaeläinten määrä ja biomassa väheni selän keskiosissa (havaintopaikat K ja L). Muutokset saattavat kuitenkin johtua meri- ja jokivesien liikkeistä. Itämerensimpukkaa esiintyi Emäsalonselällä melko runsaasti. Kuggsundetin salmi oli 1970-luvulla joiltain osin täysin eloton ilmeisesti sellutehtaan ja Porvoonjoen suunnasta tulleen kuormituksen johdosta. Happitilanne oli salmessa ajoittain heikko. 1980-luvulla (havaintopaikka M, liite 4) alueella oli likaantumista hyvin sietävä lajisto (*Chiromidae*, *Tubificidae*). Myös itämerensimpukka esiintyi salmessa melko runsaana.

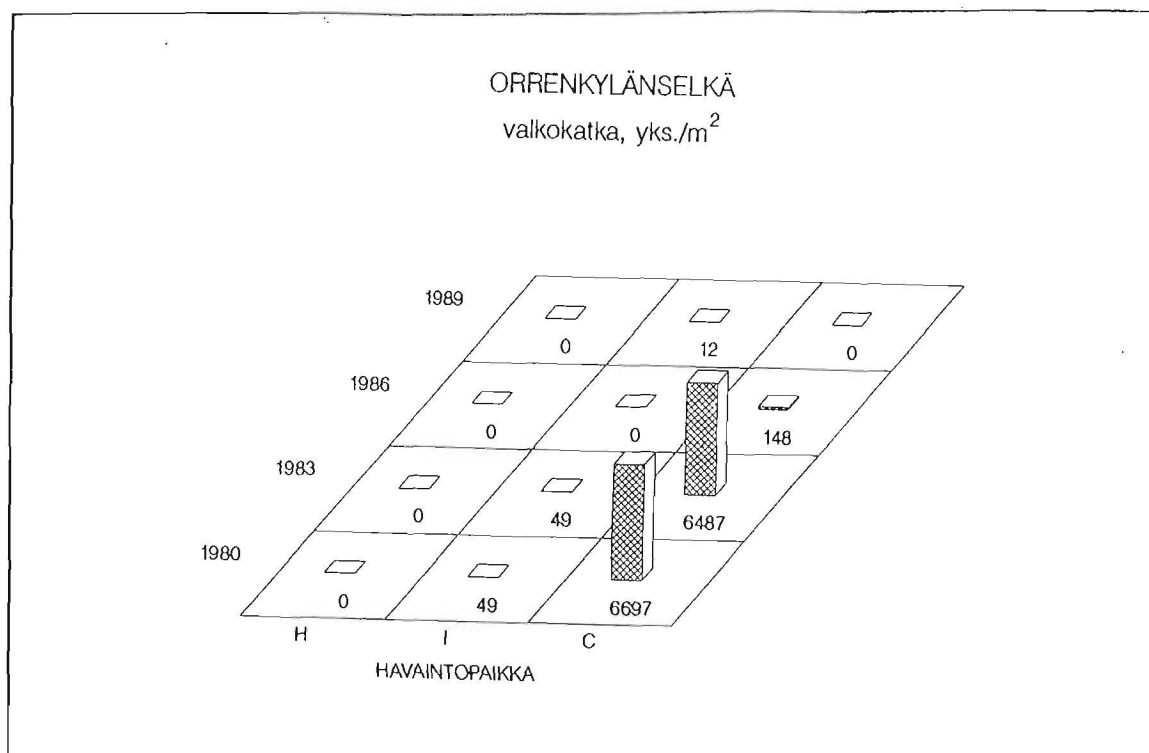
Orrenkylänselän pohjois- ja keskiosissa (havaintopaikat H ja I, liite 4) pohjaeläimistössä ei tapahtunut merkittäviä muutoksia 1980-luvulla. Rönnskärsundetin matalalla kynnysalueella (H) olivat likaantumista hyvin sietävät torvimadot ja surviaissääsket valtalajeja. Myös itämerensimpukka viihtyi alueella. 1970-luvulla Orrenkylänselän keskiosan pohjaeläimistö oli hyvin niukka. 1980-luvulla alueella (havaintopaikka I, liite 4) dominoi itämerensimpukka ja myös valkokatkaa esiintyi. Orrenkylänselän eteläosassa (havaintopaikka C, kuva 39, liite 4) valkokatka esiintyi runsaana, mutta v. 1986 ja 1989



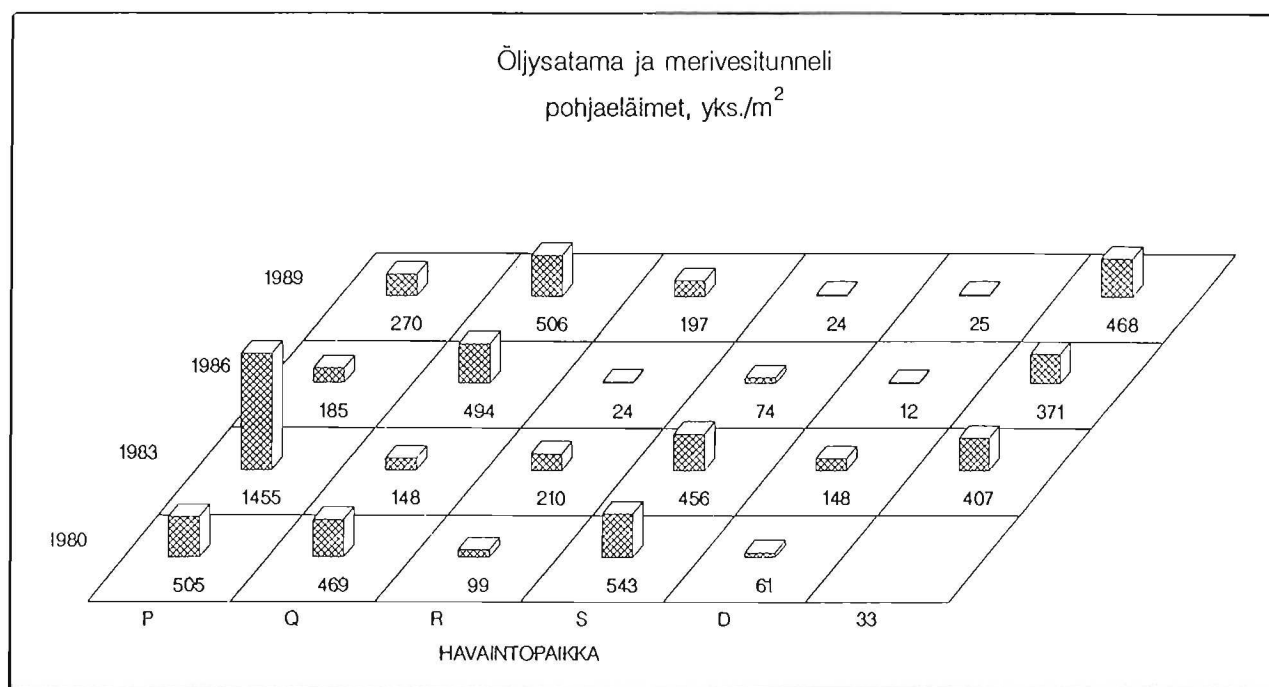
alueen pohjaeläimistö muuttui *Macoma*-yhteisöksi ja valkokatka hävisi. Valkokatkan ja itämerensimpukan esiintyminen ovat vahvasti sidoksissa toisiinsa, kun toinen vähenee toinen lisääntyy. Vaikka valkokatkan vuotuiset vaihtelut voivatkin olla suuria, tulokset viittaavat Orrenkylänselän likaantumiseen.

Tolkkisten länsipuolella (havaintopaikat N, O, A, liite 4) pohjaeläimistö ilmensi selvää likaantumista. 1980-luvulla **Tubificidae**-ryhmän harvasukamadot lisääntyivät ja itämerensimpukka väheni. 1970-luvulla pisteitä O ja A vastaavilla alueilla torvimatojen määrä oli huomattavasti korkeampi kuin seuraavalla vuosikymmenellä. Itämerensimpukka lisääntyi alueella 1980-luvun alkupuolelle asti. Pohjan likaantuminen näytti 1980-luvulla lievästi lisääntyneen myös täällä.

Öljynjalostamon ja merivesitunnelin lähialueella (havaintopaikat P, Q, R, S, D, 33, liite 4, kuva 40) öljypäästöjen ja mahdollisesti muun kuormituksen vaikutukset olivat selvästi havaittavissa. Merivesitunnelin suulta (D) otettu näyte sisälsi esim. v. 1989 öljyä, bitumimaista tahnaa ja muovirakeita. Pohjaeläimistö oli selvästi häiriintynyt ja niukka. Myös ulompana merellä havaintopaikalla S pohjan tila oli huono. Alueella 1970-luvulla esiintyneet valkokatka ja itämerensimpukka hävisivät 1980-luvun puolivälissä. Myös kauempana merivesitunnelin eteläpuolella (havaintopaikka T, liite 4) tapahtui sama kehitys. Tunnelista purkautuvien jätevesien vaikutusalue näytti selvästi laajentuneen 1980-luvun puolivälissä. MT Antonio Gramscin öljyvahingon jälkeen valkokatkapopulaatio pieneni voimakkaasti ja lisääntyminen epäonnistui alueella, jossa todettiin öljykontaminaatiota sekä katkoissa että sedimentissä (Andersin 1990, Kalliola 1990). Öljyntyneillä alueilla Tukholman saaristossa on myös havaittu selviä häiriöitä valkokatkan munien ja embryoitten kehityksessä (Elmgren 1983).



Kuva 39. Valkokatka (*Pontoporeia affinis*) Svartbäckinselän eteläosissa v. 1980 – 1989 (yks./m<sup>2</sup>)



Kuva 40. Pohjaeläinten yksilömäärä (yks./m<sup>2</sup>) öljysataman ja merivesitunnelin lähialueilla v. 1980 – 1989.

Svartbäckinselän keskiosa oli 1960- ja 1970-luvuilla selvästi rehevöitynyt ja pohjaeläinlajisto oli varsin yksipuolinen (*Tubificidae*). 1980-luvun alkupuolella itämerensimpukoiden ja valkokatkojen määrä lisääntyi, myöhemmin ne jälleen vähenivät. Havaintopaikalle Q vallitseviksi tulivat 1980-luvun puolivälin jälkeen ***Tubificidae***-ryhmän madot. Alueelta puuttuivat aiemmin torvimadot ja surviaissääsket lähes kokonaan. Pohjaeläimistö oli niukka myös havaintopaikalla R. Kuormituksen vaikutukset ulottuvat Emäsalon puoleiselle rannalle, jossa pohjaeläimistö oli edelleen häiriintynyt (33). Lajisto koostui v. 1989 pääasiassa ***Tubificidae***-ryhmän madoista.

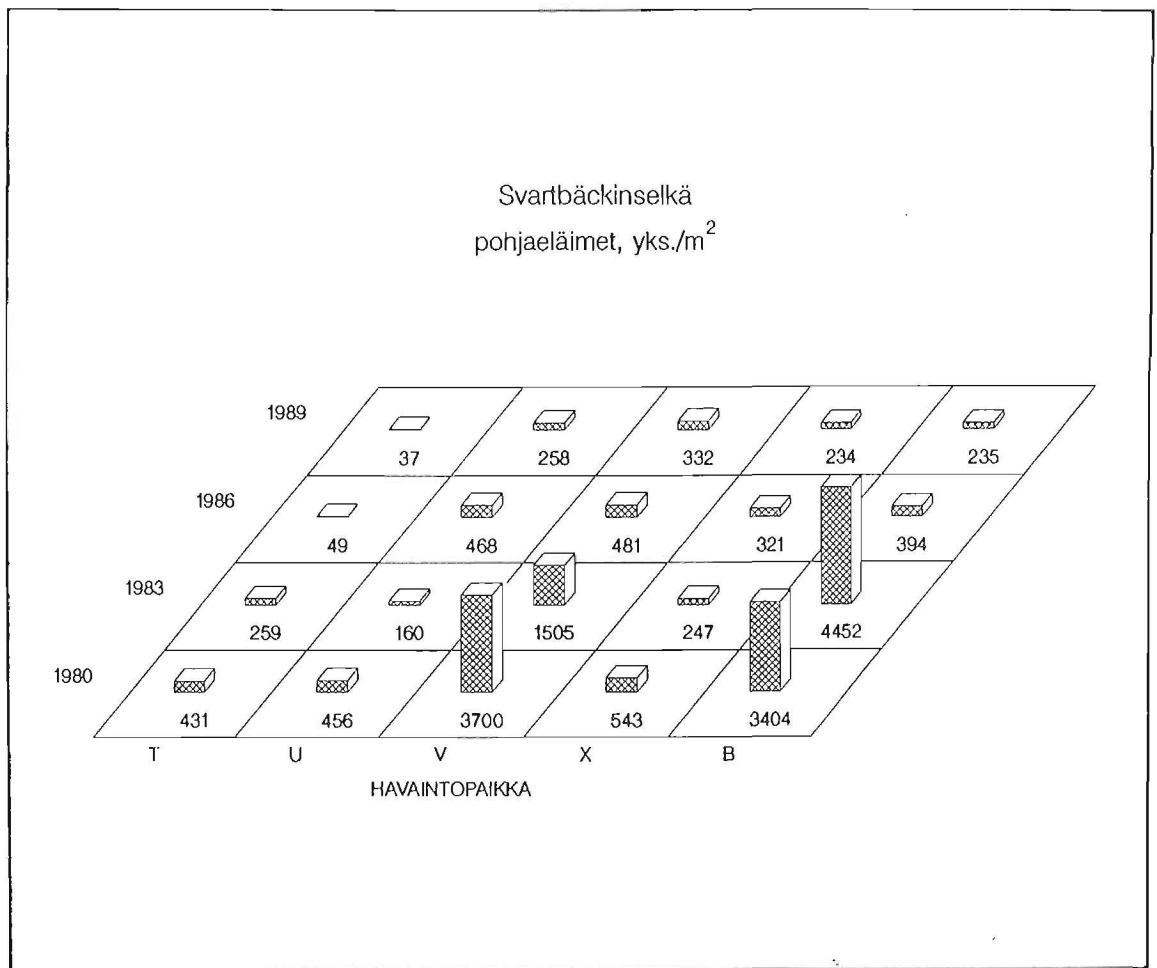
Svartbäckinselän (havaintopaikat T, U, V, X, B, liite 4, kuva 41) eteläosissa oli vielä havaittavissa likaantumista. Havaintopaikoilla T ja U itämerensimpukka väheni 1980-luvulla. Pisteessä T myös kokonaisyksilömäärä ja biomassa vähenivät selvästi. Uloimmilla havaintopaikoilla (V, X, B, taulukko) pohjaeläimistö oli tyypillinen profundaali alueen ***Pontoporeia***-yhteisö. Kuitenkin kaikkein uloimmalla pisteellä (B) valkokatka väheni selvästi 1980-luvulla, vaikka pohja olikin alueella jokseenkin häiriintymätön (kuva 42). Samanlainen kehitys oli havaittavissa havaintopaikalla V.

Porvoon edustan merialueen pohjaeläimistöä selvitettiin vuosina 1990 ja 1991 myös osana Itä-Uudenmaan saaristoalueen bioindikaattoritutkimusta (Henriksson ym. 1991 ja 1992). Tulokset olivat samansuuntaisia velvoitetarkkailun havaintojen kanssa. Pohjaeläimistö oli voimakkaasti häiriintynyt Porvoojoen edustalla Emäsalonselälle asti ja Svartbäckinselän pohjoisosissa. Emäsalon itäpuolella Orrenkylänselällä pohjaeläimistö oli häiriintynyttä. Likaantumista karttavat lajit (esim. valkokatka) puuttuivat lähes koko alueelta ja syvemmillä näytealoilla pohjaeliöstö koostui vanhoista itämerensimpukoista, surviaissääskien toukista ja harvasukasmadoista. Emäsalon länsipuolella Svartbäckinselällä pohjaeläimistö oli enimmäkseen häiriintynyttä ja köyhtynyttä Kalvöhön saakka ja paikoitellen ulompanakin merellä.

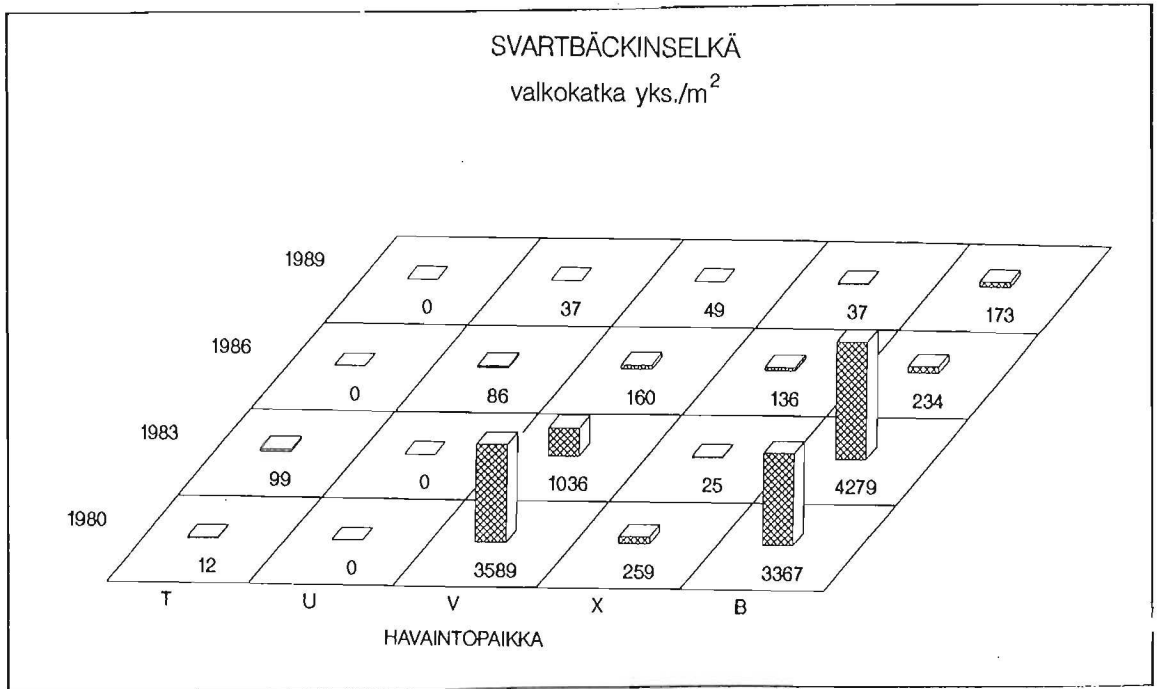
Yhteenvedona pohjaeläintutkimusten tuloksista voi sanoa, että lähes koko Porvoon edustan merialueen tila huononi lievästi 1980-luvulla. Valkokatkan väheneminen Svartbäckinselän ja Orrenkylänselän puhtaimmilla alueilla saattoi olla seuraus luonnollisista kannanvaihteluista, mutta pohjan tilan huononeminen voi myös olla syynä tähän kehitykseen. Merivesitunnelin jätevesien vaikutusalue laajeni eteläänpäin.

## 6 YHTEEENVETO

Porvoon edustan merialuetta kuormittavat Porvoonjoki, Mustijoki Porvoon kaupungin ja maalaiskunnan jätevedenpuhdistamot, Tampellan saha Nesteen tuotantolaitokset. Alueelle tulee noin 100 tonnia fosforia ja 2 200 tonnia typpeä vuodessa. Pääosa ravinteista tulee jokivesien, erityisesti Porvoonjoen, mukana runsasvetisinä aikoina keväällä ja syksyllä. Jätevesien osuus kokonaiskuormituksesta on alle 10 %. Jätevesien aiheuttama kuormitus on ollut laskusuunnassa. Nesteen tuotantolaitoksilta vesistöön joutuu useita haitallisia aineita. Näiden aineiden kuormitusta on myös pystytty vähentämään. Laitosten jäähdytysvesien lämpökuorma on huomattava ja se on kasvanut tuotantokapasiteetin nousun myötä.



Kuva 41. Pohjaeläinten yksilömäärä (yks./m<sup>2</sup>) Svartbäckinselän eteläosissa v. 1980 – 1989.



Kuva 42. Valkokatka (*Pontoporeia affinis*) Svartbäckinselän eteläosissa v. 1980 – 1989.

Merialueen yleinen käyttökelpoisuus oli 1990-luvun alussa lievästi parempi kuin 1980-luvun puolivälissä. Tähän kehitykseen saattoivat vaikuttaa poikkeukselliset sääolot vuosina 1989 – 1990, jolloin lumi sulii jo helmikuussa ja normaalia kevättulvaa ei tullut. Veden laatu olikin usean muuttujan osalta lievästi parantunut vuosikymmenen vaihteessa. Merialueen happitilanne on ollut kohtalaisen hyvä, eikä syvänteissäkään ole havaittu vakavia happikatoja. Typpi- ja fosforipitoisuuksien vaihtelu eri vuodenaikoina on vähentynyt 1980-luvulla. Liukoisten ja kokonaisravinteiden määrä on yleensä laskenut 1980-luvun loppupuolella. Perustuotantokykykymmittausten perusteella arvioituna Porvoonjoen suulla merialue on ollut Haikonselkää ja Koddervikenin edustaa myöten erittäin rehevöitynyt. Emäsalonselkä, Kuggsundet, Rönnskärsundet ja ajoittain myös Svartbäckinselän pohjoisosa ovat olleet rehevöityneitä alueita. Orrenkylänselältä ja Svartbäckinselän keskiosista alkaen merialue on ollut lievästi rehevä.

Pohjaeläintutkimusten perusteella arvioituna Porvoon edustan merialueen tila kuitenkin hononi lievästi 1980-luvulla. Pohjaeläimet kuvastavat vedenlaatua pidempiaikaisia muutoksia alueen tilassa. Öljynjalostamon ja merivesitunnelin lähialueilla pohjaeläimistö on ollut selvästi häiriintynyt ja niukka. Jätevesien vaikutusalue on laajentunut etelään päin.

Rehevyyttä ja veden laadun muutoksia voidaan tarkastella yksittäisten muuttujien ohella tilastollisella monimuuttujamenetelmällä. Porvoon edustan merialueen vedenlaatuaineisto käsiteltiin pääkomponenttianalyysillä, joka voisi olla käyttökelpoinen menetelmä, kun halutaan yleiskuva alueen tilasta ja siinä tapahtuneista muutoksista esimerkiksi velvoitetarkkailussa. Analyysiin otettiin mukaan keskeisiä rehevyyttä ja kuormituksen vaikutuksia kuvaavia muuttujia. Näitä olivat liukoiset ja kokonaisravinteet ja klorofylli- sekä perustuotantokyky. Pääkomponenttianalyysi antoi varsin samanlaisen kuvan alueen tilasta kuin yksittäiset muuttujat.

Nesteen laitosten edustalla Svartbäckinselällä öljyn ja fenolien pitoisuudet ovat olleet vähäisiä häiriötilanteita lukuunottamatta. Myös muiden ortaanisten yhdisteiden; vinyylidikloridin, 1,2-dikloorietaanin ja dietyyliheksyyliftalaatin (DOP) pitoisuudet ovat yleensä olleet määritystarkkuuden alarajoilla.

Haitallisten aineiden kertymistä ja vaikutuksia kaloihin on merialueella tutkittu ensimmäisen kerran 1970-luvun loppupuolella. Tutkimuksia on tehty sumputetuilla ja luonnosta pyydytyillä kalolla. Merivesitunnelin edustalla on todettu merkittävimmät muutokset kalojen elintoiminnoissa ja vierasaineiden kertymät ovat olleet suurimpia. Kaloista on löytynyt mm. ftalaatteja, kloorattuja fenoleja, haihtuvia kloorihiilivetyjä, hartsihappoja ja PAH-yhdisteitä. Hartsihappojen on epäilty olevan peräisin Tolkkisten sellutehtaan toiminnan aikana pohjalle kertyneistä lietteistä. Merivesitunnelin edustalla sumputetuista simpukoista on myös löydetty mm. ftalaatteja.

Öljyn selvästi likaama pohja-alue öljysataman ja merivesitunnelin edustalla Svartbäckinselällä on n. 3 – 4 km<sup>2</sup> laajuinen ja on jonkin verran kasvanut 1970-luvun lopusta. Merkkejä öljystä on havaittavissa vielä Svartbäckinselän eteläosissa ja Kartanonlahdella. Sedimenteistä on löydetty myös mm. dietyyliheksyyliftalaattia (DOP), polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH) ja kloorifenoleita.

Lämpökuorman vaikutukset ovat rajoittuneet kseäaikana merivesitunnelin lähialueille. Talvella tunnelin edusta on pysynyt sulana ja koko Svartbäckinselän alueella veden on todettu lämpiävän 1 – 2 astetta 10 – 20 metrin syvyydellä.

### **Johtopäätökset**

Porvoon edustan merialueella fosfori- ja typpekuormituksen aiheuttama rehevöityminen on edelleen selkeimmin havaittava ongelma. Veden laadun parantaminen edellyttää vesiensuojelutoimia pistekuormittajien ohella alueelle laskevien jokien valuma-alueilla.

Rehevöitymisestä aiheutuvien virkistyskäyttöhaittojen arviointia helpottaisi litoraalin kasvillisuuden seurannan liittäminen tarkkailuun. Mm. Helsingin ja Espoon merialueilla rantavyöhykkeen uposkasvillisuuden seurannasta on saatu hyviä tuloksia (Viitasalo 1990).

Porvoon edustan merialueella haitallisia aineita joutuu vesistöön lähinnä Nesteen tuotantolaitoksilta. Jätevesien purkualueella Svartbäckinselällä laimenemisolosuhteet ovat hyvät. Merialue on avoin, syvä ja vesi vaihtuu hyvin. Tällaisella alueella akuutteja myrkyvaikutuksia tuskin esiintyy. Tuotantohäiriöiden seurauksena mereen joutuu kuitenkin ajoittain normaalia suurempia määriä vierasaineita, joiden vaikutukset voivat olla välittömiä. Jätevesissä voi myös muodostua erilaisten reaktioiden tuotteina ympäristölle vahingollisia yhdisteitä. Uusissa v. 1993 voimaan tulleissa vesistö- ja kalataloustarkkailuohjelmissa seurataan haitallisten aineiden kertyvyyttä sumputetuissa simpukoissa ja luonnonkaloissa. Jatkossa eliöstöstä tulisi seurata myös vierasaineiden vaikutuksia.

Ilman kautta leviävien yhdisteiden merkitykseen tulee myös kiinnittää huomiota, sillä esimerkiksi DOP kulkeutuu pääasiassa ilman kautta joko kuivalaskeumana tai sateen mukana.

## KIRJALLISUUS

- Ahtela I. & Sirviö H. 1993. Vedenlaatuaineiston pääkomponenttianalyysi. Vesitalous, vol. 34, nro 1, s. 19–22. ISSN 0505–3838.
- Andersin, A–B. 1990. Ulkomerialueen pohjaeläintutkimukset. Julk: Hirvi, J–P. (toim.). Suomenlahden öljyvahinko 1987. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja –sarja A 51. S. 123–127. ISBN 951–47–3675–3, ISSN 0786–9592.
- de Bruin, A. 1976. Biochemical Toxicology of Environmental Agents. Elsevier, Holland. Biochemical Press. 1976. 1544 s. ISBN 0–444–41455–X. Ref. Nakari 1992.
- Cato, I. 1990. Sedimentundersökningar i Brofjorden särskilt Trommekilen 1989, samt förändringar efter 1972 och 1984. Sveriges Geologiska Undersökning. Rapporter och meddelanden nr 64. 75 s.
- Elmgren, R., Hansson, S., Larsson, U., Sundelin, B. & Boehm, P.D. 1983. The "Tsesis" oil spill: Acute and longterm impact on the benthos. Mar. Biol. 73:51–65. Ref. Kalliola & Andersin 1990.
- Forsius, J. 1987. Vedenvaihdunta Porvoonjoen edustalla. Selvitys virtausmittauksista Emäsalon–selällä 1986. Vesi- ja ympäristöhallitus, hydrologian toimisto. Tutkimusraportti. 21 s. + 2 liitettä.
- Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1991. Itä–Uudenmaan saaristoalueen bioindikaattoritutkimus 1990. Itä–Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y. Porvoo. 74 s.
- Henriksson, M. & Myllyvirta, T. 1992. Itä–Uudenmaan saaristoalueen bioindikaattoritutkimus 1991. Itä–Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys r.y. Porvoo. 102 s.
- Hirvi, J–P. (toim.) 1990. Suomenlahden öljyvahinko 1987. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja – sarja A 51. 366 s. ISBN 951–47–3675–3, ISSN 0786–9592
- Hirvi, J–P, Villa, L. & Erkomaa, K. 1990. Öljyhiilivetyjen esiintyminen rannikkomerialueella. Julk: Hirvi, J–P. (toim.). Suomenlahden öljyvahinko 1987. Vesi- ja ympäristö hallinnon julkaisuja –sarja A 51. S. 63–83. ISBN 951–47–3675–3, ISSN 0786–9592
- IPCS 1992. Environmental Health Criteria 131. Diethylhexyl Phthalate. World Health Organization. Geneva. 141 s.
- Johnson, A. C., Larsen, P. F., Gadbois, D. F. & Humason, A. W. 1985. The distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the surficial sediments of Penobscot Bay (Maine, USA) in relation to possible sources and to other sites worldwide. Marin. Environ. Res., vol. 15, s. 1–16. Ref. Poutanen ym. 1990.
- Kalliola, I. 1990. Rannikkomerialueen pohjaeläintutkimukset. Julk: Hirvi, J–P. (toim.). Suomenlahden öljyvahinko 1987. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja –sarja A 51. S. 129–147. ISBN 951–47–3675–3, ISSN 0786–9592.

- Keskuslaboratorio Oy 1967. Porvoon edustan Svartbäckinlahden tutkimus 1965–66. Tutkimusraportti. 53 s.
- Keskuslaboratorio Oy 1970. Porvoon edustan pohjatutkimus. Tutkimusraportti. 5 s.
- Koivisto, T. & Erkomaa, K. 1990. Analyysimenetelmien kehittäminen vesien- ja ympäristön-tutkimuslaitoksessa. Julk: Hirvi, J-P. (toim.). Suomenlahden öljyvahinko 1987. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarja A 51. S. 307–318. ISBN 951-47-3675-3, ISSN 0786-9592.
- Laine 1988. Typpi, fosfori ja kiintoaine Mustijoen. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 126. 121 s.
- Law, R. & Andrzejewicz, E. 1983. Hydrocarbons in water, sediment and mussels from the southern Baltic Sea. Mar. Poll. Bull., vol. 14, s. 289–293. Ref. Poutanen ym. 1990.
- Lehtinen, C. 1988. Eräiden hiilivetyjen käyttäytymisestä ilmakehässä ja niiden merkityksestä vesistöön. Neste Oy. Raportti. 22 s.
- Lehtinen, C. 1990. Eräiden hiilivetyjen käyttäytymisestä ilmakehässä ja niiden merkityksestä vesistöön II. Neste Oy. Raportti. 26 s.
- Lehtonen, E. & Penttilä, S. 1991. Porvoonjoen kuormitusselvitys. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja- sarja A 68. 182 s. ISBN 951-47-4283-4, ISSN 0786-9592.
- Leppäkoski, E., Jumppanen, K. & Suomalainen, S. 1979. Pohjaeläimistön tila Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitoksiin liittyvällä merialueella. Yhteenveto vuosilta 1965–77. Moniste 38 s. Turku.
- Nakari, T. 1992. Porvoon edustan merialueen meriveden vaikutuksista sumputettujen ja luonnonkalojen elintoimintoihin. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarja A 94. 54 s.
- Neste Oy 1980. Pohjasedimenttien öljypitoisuusmäärittämisä Porvoon tuotantolaitosten jäähdytysveden purkupaikan edustalla 1979. Tutkimusraportti. Porvoon mlk.
- Neste Oy 1984. Pohjasedimenttien tutkimus Porvoon tuotantolaitosten edustalla. Yhteenvetoraportti. Porvoon mlk.
- Nikunen, E. 1983. Sköldvikin alueen teollisuuslaitosten jätevesien kalafysiologiset vaikutukset. Vesihallituksen monistesarja 1983: 162.
- Nikunen, E. 1984. Jätevesien toksisuusmenetelmistä sekä Sköldvikin alueen teollisuusjätevesien myrkkymarkkinoista. vesihallituksen tiedotus 250.
- Oikari, A. & Kunnamo-Ojala, T. 1987. Tracing of xenobiotic contamination in water with the aid of fish bile metabolites: A field study with caged rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquatic Toxicology, 9, 327–341. Ref. Nakari 1992.



- Paasivirta, J., Lahtiperä, M., Pauku, R., Tarhanen, J. & Virkki, L. 1983. Haitalliset aineet Sköldvikin meriympäristössä. Esitutkimus sedimentistä ja simpukasta. Jyväskylä 1.11.1983.
- Paasivirta, J., Pauku, R., Mäntykoski, K. & Villa, L. 1985. Haitalliset aineet Sköldvikin meriympäristössä. Yhteenveto 1984 tuloksista. Vesihallituksen monistesarja 1985: 353.
- Penttinen, H. 1980. Öljynjalostamon jätevesien vaikutus merialueen rehevöitymiseen. Vesihallituksen monistesarja 1980: 35.
- Penttinen, H. 1983. Neste Oy:n Porvoon tuotantolaitosten jätevesien vaikutus vesistöön ja sen käyttökelpoisuuteen. Avustavan virkamiehen lausunto 12.4.1983. Vesihallitus. ???
- Penttinen, H. 1989. Neste Oy:n jäähdytysveden ja kemiantehtaiden jätevesien vaikutus vesistöön ja sen käyttökelpoisuuteen Porvoon maalaiskunnassa. Avustavan virkamiehen lausunto 29.3.1989. 40 s.
- Persson, P-E., Penttinen, H. & Nuorteva, P. 1978. DEHP in the vicinity of an industrial area in Finland. Environ. Poll. 16: 91-99.
- Poutanen, E-L., Pikkarainen, A-L. & Haahti, H. 1990. Öljyhiilivetyjen esiintyminen ulkomerialueella. Julk: Hirvi, J-P. (toim.). Suomenlahden öljyvahinko 1987. Vesi- ja ympäristö hallinnon julkaisuja -sarja A 51. S. 63-83. ISBN 951-47-3675-3, ISSN 0786-9592.
- Puomio, E-R., Braunschweiler, S. 1993. Uudenmaan ja Etelä-Hämeen vesistöjen tila 1990-luvun alussa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 501. 57 s.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1991. Biometria, tilastotiedettä ekologeille. 3. korj. p. Helsinki, Yliopistopaino. 569 s.
- Sarkkula, J. 1983. Arvio virtauksista ja veden vaihdunnasta Porvoon edustan merialueella. Tutkimusseloste. Vesihallitus, hydrologian toimisto.
- Skog, S. 1977. Tolkis bottenfauna undersökning 1975-76. Åbo Academi. 9 s.
- Skog, S. 1979. Tolkisten pohjaeläintutkimus 1977 ja yhteenveto vuosilta 1975-77. Moniste. Porvoon mlk. 12 s.
- Strömberg, J. 1981. Petroleum hydrocarbons. In: Melvasalo, T., Grasshoof, K., Pawlak, T., Thorell, L. & Tsiban, A. (Eds.) 1981. Assesment of the effects of pollution on the natural resources of the Baltic Sea, 1980. Baltic Sea Environment Proceedings No. 5 B, s. 244-261. Ref. Poutanen ym. 1990.
- Talsi, T. 1983. Sköldvikin alueen teollisuuslaitosten jätevesien myrkkövaikutukset. Vesihallituksen monistesarja 1983: 161.
- Talsi, T. 1987. Porvoon edustan merialueen tila ja sen kehitys vuosina 1965-1984. Helsinki. 177 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 5. 177 s.



- Trei, T., Kukk, H. & Kukk, E. 1987. Phytobenthos as an indicator of the degree of pollution in the Gulf of Finland and in neighbouring sea areas. Meri. Merentutkimuslaitos. 33–110. Ref. Henriksson ym. 1992.
- Oy Vesi-Hydro Ab 1973–1991a. Porvoon edustan merialueen tarkkailu. Velvoitetarkkailun vuosiyhteenvetot vuosilta 1973–1990.
- Oy Vesi-Hydro Ab 1992. Porvoon edustan merialueen tarkkailu. Velvoitetarkkailun vuosiyhteenveto vuodelta 1991.
- Oy Vesi-Hydro Ab 1991b. Raportti kalojen jäämäainemäärytyksistä 18.12.1991. 8 s.
- Villa, L. 1989. Sedimentin öljypitoisuus Porvoon edustan merialueella 1987. Helsingin vesi ympäristöpiiri. Raportti. 5 s. + 2 liitettä.
- Villa, L. 1991. Tuloksia Porvoon edustan merialueen simpukkasumputuksista syksyltä 1990. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri. Raportti. 3 s. + 2 liitettä.
- Viitasalo, I. 1990. Rantavyöhykkeen uposkasvillisuuden tila Helsingin ja Espoon merialueilla vuonna 1988. Vertailu vuosiin 1979 ja 1984. Helsingin kaupungin vesi- ja viemärlaitos. Käyttöosasto. Tutkimustoimisto. 33 s., 4 liitettä. Tutkimustoimiston tiedonantoja 18.



## TAMPELLA FOREST OY TAMWOOD TOLKKISTEN SAHA

VUOSI	BOD7 KG/D	BOD7 ATU KG/D	COD-CR KG/D	COD-MN KG/D	KIINTORINE KG/D	KOK.P KG/D	KOK.N KG/D	VESIMÄÄRÄ M3/D	DEH KG/D	DOP KG/D	MALEIINI- HAPPO KG/D	VCM KG/D	KLOORATUT HIILIVEDYT KG/D	STYREENI KG/D	ÖLJY KG/D	FENOLIT KG/D	LÄMPÖ GJ/H
1985	278			420	171	2.3	6	4501									
1986	71			280	492	3.0	6	3831									
1987	442			446	209	2.4	7	5301									
1988	1052			924	225	2.3	8	5340									
1989	475		1310		108	2.1	12	5481									
1990	36		467	72	134	0.8	9	8247									
1991	29		656	40	91	1.0	5	6433									

## PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN KUORMITUS, ASUMAJÄTEVEDET

## PORVOON KAUPUNKI, KOKONNIEMI

1985		331	140		183	10	215	8510
1986		357			177	8.6	238	9377
1987		349	180		260	10	235	9015
1988		283	153		171	6.1	234	8606
1989		265			161	4.7	232	8962
1990		401	171		206	4.8	253	9993
1991		342	172		146	3.4	254	9008

## PORVOON MAALAISKUNTA, HERMANSÖ

1985		115			40	2.3	76	2863
1986		155			38	3.2	84	3710
1987		77	54		40	2.2	87	3680
1988		88				2.5	109	4350
1989		36	51		62	3.7	96	4750
1990		106	91		58	3.2	113	4843
1991		32	59		22	1.6	101	4123

## PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN KUORMITUS, JOET

## MUSTIJOKI

1985	1733		12493	52392	73	1271	604800
1986	1649		10444	38170	107	1325	604800
1987	546		9395	20507	44	993	561600
1988	886		6964	11499	47	942	535680
1989	551		7332	8290	48	1284	466560
1990	1130		7195	15967	43	1209	492480
1991	989		5775	7655	47	836	388800

## PORVOONJOKI

1985	4266		16967	59597	259	3362	1149120
1986	4408		13016	32622	187	3586	1123200
1987	3436		13849	37512	176	3425	1131840
1988	3682		12770	43762	172	3803	1209600
1989	4052		11962	28578	127	4140	1062720
1990	1235		13751	21307	105	4274	1192320
1991	3419		12964	45633	172	4455	1028160

## LIITE 2

# LIITE 2. PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN KUORMITUS, YHTEENVETO

## TEOLLISUUSJÄTEVEDET YHTEENSÄ

VUOSI	BOD7 KG/D	BOD7 ATU KG/D	COD-CR KG/D	COD-MN KG/D	KIINTOAINE KG/D	KOK.P KG/D	KOK.N KG/D	VESIMÄÄRÄ M3/D
1985	599		3075		263	8.5	325	25502
1986	498		3515		564	11.7	372	24285
1987	793		3246		271	12.4	265	26626
1988	1375		3109		293	19.6	278	28771
1989	868		5008		194	12.2	257	28224
1990	321		3396		238	4.7	126	28766
1991	350		4022		187	6.3	163	26838

## ASUMAJÄTEVEDET YHTEENSÄ

1985		446	140		223	12.3	291	11373
1986		512			215	11.8	322	13087
1987		426	234		300	12.2	322	12695
1988		371	153		171	8.6	343	12956
1989		301	51		223	8.4	328	13712
1990		507	262		264	8	366	14836
1991		374	231		168	5	355	13131

## JÄTEVEDET YHTEENSÄ (BOD7=BOD7+BOD7 ATU)

1985	1045		3215		486	21	616	36875
1986	1010		3515		779	23	694	37372
1987	1219		3480		571	25	587	39321
1988	1746		3262		464	28	621	41727
1989	1169		5059		417	21	585	41936
1990	828		3658		502	13	492	43602
1991	724		4253		355	11	518	39969

## JOKIVEDET YHTEENSÄ

1985	6598			32406	123188	365	5096	1929312
1986	6663			25806	77871	322	5403	1900800
1987	4380			25568	63822	241	4860	1862784
1988	5025			21708	60786	240	5219	1919808
1989	5063			21223	40555	193	5967	1682208
1990	2602			23040	41002	163	6031	1853280
1991	4849			20614	58616	241	5820	1558656

## KOKONAISKUORMITUS, JÄTE- JA JOKIVEDET (COD-CR=COD-CR+COD-MN)

1985	7643		35621		123674	386	5712	1966187
1986	7673		29321		78650	345	6097	1938172
1987	5599		29048		64393	266	5447	1902105
1988	6771		24970		61250	268	5840	1961535
1989	6232		26282		40972	214	6552	1724144
1990	3430		26698		41504	176	6523	1896882
1991	5573		24867		58971	252	6338	1598625

## NESTE OY:N OSUUS JÄTEVESIKUORMITUKSESTA (%)

1985	31			19	30	52
1986	42			9	38	53
1987	29			11	40	44
1988	18			15	62	43
1989	34		73	21	48	42
1990	34		80	21	30	24
1991	44		79	27	48	31

## JÄTEVESIEN OSUUS KOKONAISKUORMITUKSESTA (%)

1985	15		10	0.4	6	12
1986	14		13	1.1	7	12
1987	23		13	1.0	10	12
1988	28		14	0.8	11	12
1989	20		21	1.1	11	10
1990	26		15	1.3	8	8
1991	14		18	0.7	5	9

**LIITE 3. PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN A-KLOROFYLLI-  
PTOISUDET JA PERUSTUOTANTOKYKY VUOSI-  
KESKIARVONA V. 1977-1991**

Taulukko. Porvoon edustan merialueen klorofylli-a-pitoisuudet (ug/l) ja perustuotantokyky (mg C/m<sup>3</sup>) vuosikeskiarvoina v. 1977-1991.

havaintopaikka

		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	keskiarvo
Stensböleninselkä 16 (A)	klor.-a pt.kyky	49.3 2329	116.5 4938	70.8 2563	72.3 2455	77.1 2048	67.0 2671	86.0 2858	76.5 1368	77.1 1540	80.7 1721	56.4 1420	102.4 4723	70.7 2142	66.7 818	74.0 1015	76.2 2307
Svinö, luode 20 (B)	klor.-a pt.kyky	20.4 1060	39.9 2011	30.5 1450	34.3 1847	20.4 1173	38.0 1839	42.7 2200	25.6 797	18.1 488	52.4 2066	14.3 744	41.3 2289	42.3 1215	48.3 705	42.9 845	34.1 1382
Haikonselkä 22 (C)	klor.-a pt.kyky	20.2 991	34.1 1480	31.9 1588	31.8 1310	32.3 1288	31.0 1402	31.8 1382	30.6 734	28.5 690	30.4 1450	21.7 935	47.8 2805	32.2 1165	40.7 551	36.5 849	32.1 1241
Haikonselkä 12 (D)	klor.-a pt.kyky	19.2 899	23.2 820	33.8 1164	15.4 678	26.1 897	15.6 701	30.9 1174	25.4 607	16.6 574	19.9 1105	21.0 889	27.9 1694	19.9 836	19.7 307	19.3 475	22.2 855
Emäsalonselkä 10 (E)	klor.-a pt.kyky	20.2 911	18.9 686	23.9 840	13.2 601	28.1 966	15.5 654	31.2 829	20.2 546	15.8 592	19.4 776	20.5 918	19.7 1240	20.7 734	19.0 269	15.1 372	20.1 729
Orrenkylänselkä 8 (F)	klor.-a pt.kyky	10.4 374	10.4 263	10.2 430	6.9 231	11.8 376	5.3 332	32.6 472	12.5 262	11.3 291	25.5 377	14.2 539	10.9 462	11.8 265	6.8 93	8.8 155	12.6 328
Emäsalo, itä 5 (G)	klor.-a pt.kyky	7.5 240	7.0 172	6.2 239	5.1 204	7.5 198	4.3 181	44.3 359	10.0 172	7.1 250	13.6 291	9.0 239	6.5 319	12.3 181	5.4 75	10.0 92	10.4 214
Emäsalonselkä 24 (H)	klor.-a pt.kyky	24.1 1110	22.5 979	39.8 1413	31.8 1375	46.9 1452	24.1 1187	37.5 1126	30.7 719	39.4 1069	27.9 1083	45.0 1466	30.4 2272	43.7 1140	30.9 449	32.5 600	33.8 1163
Kuggsund 25 (I)	klor.-a pt.kyky	11.9 427	12.9 644	17.3 711	15.0 559	27.8 695	16.4 606	23.2 707	17.5 543	15.0 524	20.1 698	27.1 1136	16.1 1113	22.3 747	15.5 266	18.3 313	18.4 646
Illvarden, koillinen 27 (J)	klor.-a pt.kyky	6.9 276	10.4 436	11.8 614	10.9 408	20.1 550	12.8 535	16.8 547	15.6 308	12.6 385	11.6 396	17.9 528	10.4 680	19.3 686	8.8 170	12.5 212	13.2 449
Illvarden, kaakko 97 (K)	klor.-a pt.kyky	7.3 356	11.3 614	13.3 550	9.5 363	24.3 711	10.9 458	20.8 502	12.4 283	14.0 495	8.4 345	14.9 466	11.2 774	15.7 397	7.7 148	12.5 228	12.9 446
HEVY-11 Porvoo 32 (L)	klor.-a pt.kyky	10.2 497	9.3 491	10.3 438	8.9 282	18.0 524	9.5 309	18.4 499	14.7 278	12.1 297	10.9 237	17.3 639	10.3 628	13.0 336	8.2 152	20.7 201	12.8 387
Sköldvikin ed. 33 (M)	klor.-a pt.kyky	7.5 410	6.4 253	10.5 495	9.9 296	15.7 585	10.6 361	30.6 475	13.6 384	12.6 314	15.8 430	16.0 508	9.6 576	10.9 307	6.7 143	7.4 161	12.2 380
Sköldvikin ed. 36 (N)	klor.-a pt.kyky	8.2 305	5.3 263	6.6 350	8.8 290	12.6 512	5.4 306	12.6 410	11.1 267	11.7 357	8.9 384	14.4 656	7.4 479	7.3 274	6.1 134	11.5 168	9.2 343
Sköldvikin ed. 38 (O)	klor.-a pt.kyky	8.5 440	8.6 316	12.1 446	8.4 305	17.4 597	8.8 360	24.1 439	15.4 375	10.3 273	13.2 441	16.1 497	10.2 548	9.8 266	7.1 126	16.4 167	12.4 373
HEVY-12 Porvoo 40 (P)	klor.-a pt.kyky	8.8 367	8.5 359	8.4 300	7.4 158	11.3 349	6.1 258	22.6 447	15.0 291	9.8 153	20.4 212	17.2 622	10.2 509	9.7 259	6.1 126	18.0 126	12.0 302
HEVY-13 Porvoo 48 (Q)	klor.-a pt.kyky	7.9 248	5.7 230	7.7 245	4.6 105	7.9 154	6.2 168	10.8 261	8.8 153	8.3 87	17.5 161	8.3 247	7.8 363	9.5 179	6.5 114	7.0 90	8.3 187

**LITE 4. PORVOON EDUSTAN MERIALUEEN POHJALÄIMISTÖ  
V. 1980, 1983, 1986 JA 1989**

Taulukko. Tolkkien länsipuolen (pisteet N, O ja A) pohjäläimistö v. 1980, 1983, 1986 ja 1989.

havaintopaikka	N				O				A			
syvyys (m)	15.5				16				19			
vuosi	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989
yks./m <sup>2</sup>												
Tubificidae	99	74	111	284	86	12	25	111	160	160	185	197
Pontoporeia affinis	12	0	0	0	37	12	0	0	62	308	25	0
Chironomidae	25	0	186	185	136	0	37	111	0	0	12	25
Macoma baltica	530	974	444	271	370	395	259	160	345	456	173	86
Muut	0	12	0	12	0	12	12	24	0	12	12	0
Yhteensä yks/m <sup>2</sup>	666	1061	741	752	629	432	333	406	567	937	407	308
Biomassa g/m <sup>2</sup>	182.6	143.9	156.1	118	196	128	104.2	102.5	92.5	184.2	83.6	44.2

Taulukko. Öljysataman (pisteet P, Q, R, S, D ja 33) pohjäläimistö v. 1980, 1983, 1986 ja 1989.

havaintopaikka	P				Q				R				S				D				33		
syvyys (m)	22				20				17				24				18				14		
vuosi	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1983	1986	1989
yks./m <sup>2</sup>																							
Tubificidae	197	111	25	185	0	0	444	469	0	12	12	12	37	37	25	12	0	0	0	0	0	0	382
Pontoporeia affinis	25	863	12	12	0	0	0	0	0	37	0	0	197	173	0	0	0	0	0	0	25	99	0
Chironomidae	12	0	0	24	111	0	25	0	25	0	0	0	0	0	49	12	12	0	12	0	0	99	74
Macoma baltica	259	469	148	37	358	74	25	37	37	99	0	148	284	247	0	0	0	25	0	0	345	173	0
Muut	12	12	0	12	0	74	0	0	37	62	12	37	25	0	0	0	49	123	0	25	37	0	12
Yhteensä yks/m <sup>2</sup>	505	1455	185	270	469	148	494	506	99	210	24	197	543	456	74	24	61	148	12	25	407	371	468
Biomassa g/m <sup>2</sup>	32.9	141.9	68.2	15	60.9	2.5	8	20.3	13	9.2	0.18	131.9	29.4	51.3	0.14	0.1	5.7	3.5	0.04	7.9	141.4	72.8	13.7

Taulukko. Svarthäcksinselän (pisteet T, U, V, X ja B) pohjäläimistö v. 1980, 1983, 1986 ja 1989.

havaintopaikka	T				U				V				X				B			
syvyys (m)	24				18				31				16				35			
vuosi	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989
yks./m <sup>2</sup>																				
Tubificidae	234	49	25	25	259	12	173	160	0	370	49	0	62	49	123	74	0	0	37	0
Pontoporeia affinis	12	99	0	0	0	0	86	37	3589	1036	160	49	259	25	136	37	3367	4279	234	173
Chironomidae	0	0	12	12	12	0	12	25	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0
Macoma baltica	173	86	12	0	185	148	185	12	49	86	247	271	197	148	62	111	37	160	111	62
Muut	12	25	0	0	0	0	12	24	62	12	25	12	25	25	0	0	0	12	12	0
Yhteensä yks/m <sup>2</sup>	431	259	49	37	456	160	468	258	3700	1505	481	332	543	247	321	234	3404	4452	394	235
Biomassa g/m <sup>2</sup>	16.7	6.1	4.3	0.2	106	58.2	110.9	14.7	38.1	25	104.6	165	114.4	68.7	56.7	68.7	43.5	35.4	39.3	33.7

Taulukko. Porvuonselän (E), Stensbölsenelän (F) ja Haikoniselän (G) pohjaeläimistö v. 1980, 1983, 1986 ja 1989.

havaintopaikka	E				F				G			
syvyys (m)	3.5				2				4.5			
vuosi	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989
yks./m2												
Tubificidae	62	222	197	468	25	148	148	185	86	37	0	62
Pontoporeia affinis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	629	1320	0	1073	49	12	25	49	259	370	0	506
Macoma baltica	0	0	0	0	0	0	0	0	74	99	49	37
Muut	0	0	25	24	0	0	0	0	0	0	12	0
Yhteensä yks/m2	690	1542	222	1565	74	160	173	234	419	506	61	605
Biomassa g/m2	12.8	23.3	0.34	15.9	0.2	0.6	1.5	1.5	17.5	54.4	2.2	21.3

Taulukko. Orrenkylänselän (pisteet H, I ja C) pohjaeläimistö v. 1980, 1983, 1986 ja 1989.

havaintopaikka	H				I				C			
syvyys (m)	14.5				15.5				29.5			
vuosi	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989
yks./m2												
Tubificidae	678	173	259	284	74	123	25	136	62	0	0	0
Pontoporeia affinis	0	0	0	0	49	49	0	12	6697	6487	148	0
Chironomidae	555	185	517	481	12	0	37	12	0	0	0	12
Macoma baltica	86	321	136	123	296	407	197	222	86	37	111	111
Muut	62	0	0	0	37	0	0	0	25	12	12	37
Yhteensä yks/m2	1381	679	912	888	468	580	259	407	6882	6537	271	160
Biomassa g/m2	58.5	62	45.3	62.6	204.7	251.5	115.4	118.4	83.9	36.2	70.1	124.8

Taulukko. Emäsalonselän (pisteet J, K, L ja M) pohjaeläimistö v. 1980, 1983, 1986 ja 1989.

havaintopaikka	J				K				L				M			
syvyys (m)	2.5				5				13				19			
vuosi	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989	1980	1983	1986	1989
yks./m2																
Tubificidae	0	0	0	0	0	0	0	25	74	49	0	99	25	469	123	49
Pontoporeia affinis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	1727	1406	974	1085	0	0	12	37	62	0	111	0	210	197	110	370
Macoma baltica	0	0	0	0	62	111	86	37	185	370	173	49	62	160	99	185
Muut	0	0	0	0	1172	12	135	0	12	12	0	0	0	12	0	0
Yhteensä yks/m2	1727	1406	974	1085	1233	123	232	99	333	432	284	148	297	838	332	604
Biomassa g/m2	20.9	12.1	10.4	16.9	18.7	17.1	27.6	8.1	83.2	141.7	43.4	8.7	12.1	30.4	34.3	82

## VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA - sarja A

83. Vesihuoltolaitokset 31.12.1988 ja 31.12.1989. Helsinki 1992.
84. Sandman, Olavi; Turkia, Jaana & Huttunen, Pertti: Paleolimnologinen tutkimus metsäojituksen ja -lannoituksen vesistövaikutuksista Juupajoen Kalliojärvässä. Helsinki 1992.
85. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri: Uudenmaan ja Etelä-Hämeen vedet. Helsinki 1991.
86. Roila, Tuija: Pienvesien happamoitumisen seuranta vuosina 1979 - 1989.  
Roos, Jaana: Puskurikapasiteetin muutokset eräissä pienjärvissä vuosien 1937 - 48 ja 1988 välillä. Helsinki 1992.
87. Ollikainen, Minna: Karjalan Pyhäjärven tila 1980-luvulla sedimentin piilevien ilmentämänä. Helsinki 1992.
88. Lepistö, Liisa: Planktonlevien aiheuttamat haitat. Helsinki 1992.
89. Rantakangas, Jorma: Perkauksen aiheuttaman kiintoainevirtaaman ennakointi. Helsinki 1992.
90. Kaijalainen, Erkki (toim.): Sonkajärven reitin vesien käytön yleissuunnitelma. Helsinki 1992.
91. Salo, Simo: The fate of chemicals spilled on water. A literature review of physical and chemical processes. Helsinki 1992.
92. Mäkirinta, Urho & Tolonen, Pasi: Vaalan Järvikylän järvien kasvillisuus järvien tilan kuvaajana. Helsinki 1992.
93. Mäkirinta, Urho: Muutoksia Alavetelin Isojärven kasvillisuudessa 1973 - 1981. Helsinki 1992.
94. Nakari, Tarja: Porvoon edustan merialueen meriveden vaikutuksista sumpputettujen ja luonnonkalojen elintoimintoihin. Helsinki 1992.
95. Torpström, Heikki & Lappalainen, Matti: Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Helsinki 1992.
96. Salonen, Seija; Frisk, Tom; Kärmeniemi, Tellervo; Niemi, Jorma; Pitkänen, Heikki; Silvo, Kimmo & Vuoristo, Heidi: Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Helsinki 1992.
97. Assmuth, Timo; Strandberg, Tapio; Joutti, Anneli & Kalevi, Kirsti: Kemiaalisesti saastuneiden maa-alueiden tutkimusmenetelmät. Helsinki 1992.
98. Kivimäki, Anna-Liisa: Tekopohjavesilaitokset Suomessa. Helsinki 1992.
99. Tanninen, Risto: Arvot ja asenteet Pyhäjoen vesiensuojelusuunnittelussa. Helsinki 1992.
100. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitin vene- ja retkisatamasuunnitelma. Helsinki 1992.
101. Eloheimo, Karri: Veneily ja sen ympäristövaikutukset. Helsinki 1992.
102. Sytyke 16. Sannholm, Gun & Söderström, Mirja: Entsyymikäsittelyn merkitys sulfaattimassan valkaisuissa. Helsinki 1992.
103. Sytyke 9. Raitio, Laura: Siistausprosessin ympäristökuormitus. Helsinki 1992.
104. Sytyke 17. Jantunen, Esko: Jätevesipäästötön paperitehdas. Helsinki 1992.
105. Sytyke 10. Lehtinen, K.-J. & Tana: Effects in mesocosms exposed to effluents from bleached hardwood kraft pulp mill. Helsinki 1992.
106. Hudd, Richard; Toivonen, Anna-Liisa & Wistbacka Ralf: Malax å fiskeriutredning. Helsinki 1992.
107. Rontu, Mika: Pohjaveden alkalointi kalkkikivisuodatuksella. Helsinki 1992.
108. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitti - Kansallisvesi. Helsinki 1992.
109. Sytyke 11. Junttila, Vesa: Sellutehtaan ympäristökuormitusten pienentäminen ja hallinta uudella tehdaslaitteistolla. Helsinki 1992.
110. Sytyke 20. Kara, Mikko: Natrium- ja rikkitaseen säätömahdollisuuksia suomalaisessa sellutehtaassa. Helsinki 1992.
111. Kauppi, Marja: Repoveden alueen vesistöjen perusselvitys. Helsinki 1992.
112. Lindholm, Tapio (toim.): Sukkessiotutkimusten tuloksia Suomen ja SNTL:n luonnonsuojelualueilta. Helsinki 1992.
113. Sytyke 2. Hatakka, Annele; Valo, Marjatta & Lankinen, Pauliina: Puunjalostusteollisuuden jätevesien käsittely valkolahosienillä ja niiden entsyymeillä. Helsinki 1992.
114. Sytyke 19. Krogerus, Márten & Hynninen, Pertti: Sellu- ja paperiteollisuuden päästöjen käsittelyvaihtoehdot ja kustannukset. Helsinki 1992.
115. Hyvärinen, Pekka; Salojärvi, Kalervo; Pushkin, Sergei & Ahonen, Mikko: Kalojen vaellus Oulujärvestä Oulujokeen. Helsinki 1992.
116. Ettala, Matti & Koskela, Juhani: Kloorifenolipitoisten pohjavesien käsittely aktiivihilisuodatuksella ja aktiivilietemenetelmällä. Helsinki 1992.



117. Sytyke 6. Myrén, Bertel: Suomen metsäteollisuuden tila vuonna 1995. Helsinki 1992.
118. Lyly, Olavi: Torjunta-aineiden käytön kannattavuus ja ympäristöhaittojen vähentäminen. Helsinki 1992
119. Sytyke 21. Laxén, Torolf: Organosolvkeitot. Helsinki 1992.
120. Sytyke 4. Pere, J; Thun, R; Alén, R; Kyllönen, H & Viikari, L: Metsäteollisuuden jäteliitteet. Helsinki 1992.
121. Vesihuoltolaitokset 31.12.1990. Helsinki 1992.
122. Sytyke 14. Siitonen, Heikki; Wartiovaara, Jyrki & Kasanen, Pirkko: Sellu- ja paperitehdas-integraatin ympäristönsuojelutoimien hyötyjen ja haittojen arviointi - casetutkimus. Helsinki 1992.
123. Sytyke 22. Malinen, Raimo: Skenaarioanalyysi massan valmistuksen kehitysvaihtoehtoista. Helsinki 1992.
124. Sytyke 22A. Vasara, Petri: Skenaarioiden tuottaminen ja analyysi massanvalmistukselle Suomessa 1995 - 2010. Helsinki 1992.
125. Törrtö, Heli; Kaakinen, Eero & Alasaarela, Erkki: Ympäristövaikutusten arviointi aluehallinnossa - esimerkkinä Oulun lääni. Helsinki 1992.
126. Ekholm, Matti: Suomen vesistöalueet. Helsinki 1992.
127. Aura, Erkki; Puustinen, Markku; Virtanen, Seija; Mikkola, Hannu; Luoma, Tarmo & Peltomaa, Rauno: Salaoitusmenetelmien vertailu Zaitsevon kenttäkokeessa. Helsinki 1992.
128. Sytyke 15. Puustinen, Jukka: Ravinteiden käytön optimointi metsäteollisuuden aktiivilietelaitoksissa.  
Sytyke 3. Lammi, Reino & Pakarinen, Kauko: Typpiravinnelisäyksen vaikutus sellutehtaan aktiivilietelaitoksen toimintaan. Helsinki 1993.
129. Seppälä, Jyri: Ympäristöriskianalyysi teollisuudessa. Helsinki 1992.
130. Sytyke 18. Pihlaja, Kalevi (koordinaattori): Valkaistua sulfaattisellua valmistavan tehtaan jätevesien orgaanisen aineen hajoaminen ja ympäristövaikutukset. Helsinki 1993.
131. Lax, Hans-Göran; Koskenniemi, Esa; Sevola, Pertti & Bagge, Pauli: Tenojoen pohjaeläimistö ympäristön laadun kuvaajana. Helsinki 1993.
132. Sytyke 12. Kauppinen, Jyrki: Metsäteollisuuden hajuaineiden analytiikka ja seuranta. Helsinki 1993.  
Sytyke 5. Välttilä, Olli: Biolietteen poltto.
133. Sytyke 10A. Lehtinen, K-J: Ecological impact of pulp mill effluents. Helsinki 1993.
134. Hirvi, Juha-Pekka (toim.): Operatiivinen ajalehtimis- ja kulkeutumismalli merialueille.
135. Nystén, Taina: Kärkölän likaantuneen pohjavesialueen geologia ja matemaattinen mallintaminen. Helsinki 1993.
136. Vesihuoltolaitokset 1991. Helsinki 1993.
137. Ullvén, Johanna: Simpukoiden soveltuvuudesta kloorifenolien tutkimiseen murtovedessä. Helsinki 1993.
138. Peura, Pekka: Happamoituminen Merenkurkun pienissä järvissä.  
Peura, Pekka: Försurning av småsjöarna i Norra Kvarken. Helsinki 1993
139. Huttunen, Leena & Soveri, Jouko: Luonnontilaisen roudan alueellinen ja ajallinen vaihtelu Suomessa. Helsinki 1993.
140. Kaatra, Kai & Marttunen, Mika (toim.): Oulujoen vesistön säännöstelyjen kehittämisselvitykset. Helsinki 1993.
141. Suomela, Tapani: Tuusulan kunnan Hyrylän pohjavesialueen suojelusuunnitelma. Helsinki 1993.
142. Kauppi, Lea (toim.): Itäisen Suomenlahden lintukuolemat keväällä 1992. Helsinki 1993.
143. Lahti, Kirsti; Lepistö, Liisa; Niemi, Jorma & Färdig, Michael: Eri vesilaitosten tehokkuus levien ja erityisesti syanobakteerien poistossa. Helsinki 1993.
144. Koskimies, Pertti: Population sizes and recent trends of breeding birds in the nordic countries. Helsinki 1993.
145. Alasaarela, Erkki; Hellsten, Seppo; Keränen, Reijo; Kurttila, Terttu & Riihimäki, Juha: Säännöstelyjen järvien rantojen kunnostuksen ja hoidon periaatteet - esimerkkinä Oulujoen vesistö. Helsinki 1993.
146. Korkka-Niemi, Kirsti; Sipilä, Annika; Hatva, Tuomo; Hiisvirta, Leena; Lahti, Kirsti & Alftan, Georg: Valtakunnallinen kaivovesitutkimus. Helsinki 1993.
147. Ruonala, Seppo (toim.): SYTYKE-ohjelman projektien yhteenvedot. Helsinki 1993.
148. Ruonala, Seppo (red.): Sammandrag av projekten i programmet SYTYKE. Helsinki 1993.
149. Ruonala, Seppo (ed.): Summaries of SYTYKE-projects. Helsinki 1993.

150. Niinioja, Riitta: Lietelannan levitys ja ravinteiden huuhtoutuminen. Helsinki 1993.
151. Hynninen, Pekka (toim.): Pyhäjoen vesiensuojelun yleissuunnitelma. Helsinki 1993.
152. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri: Pohjois-Karjalan vedet ja ympäristö 1990-luvulla. Helsinki 1993.
153. Rathmayer, Hans & Juvankoski, Markku: Tiivistemattoina käytettävät geomembraanit - toimintavaatimukset ja materiaalinvalintakriteerit. Helsinki 1993.
154. Vertanen, Suvi: Elinkaarianalyysi ja pakkaukset. Helsinki 1993.



**P**orvoon edustan merialueen tilasta on kertynyt laaja aineisto 1960-luvulta lähtien, jolloin Nesteen tuotantolaitosten toiminta käynnistyi.

**M**erialueen selkein ongelma on fosfori- ja typpikuormituksen aiheuttama rehevöityminen. Ravinnekuormitus tulee pääosin jokivesien mukana ja on peräisin maataloudesta. Asumajätevesien ja teollisuuden osuus ravinteista on alle 10 %.

**Ö**ljynjalostamon, petrokemian teollisuuden, muovin valmistuksen ja kemianteollisuuden sekä sahateollisuuden jätevesissä esiintyviä haitallisia aineita on kertynyt merenpohjaan ja eliöstöön.

**T**ässä raportissa arvioidaan 1990-luvun alkuun mennessä kertyneen tiedon perusteella merialueen tilaa ja siinä tapahtuneita muutoksia.